

4 1980 **ЗЕМЛЯ**
И
ВСЕЛЕННАЯ

· АСТРОНОМИЯ · ГЕОФИЗИКА ·
· ИССЛЕДОВАНИЯ КОСМИЧЕСКОГО ПРОСТРАНСТВА ·

На орбите «Салют-6»*



Научная станция «Салют-6» совершает полет с 29 сентября 1977 года. За это время успешно выполнены программы самых длительных в истории космонавтики экспедиций продолжительностью 96, 140 и 175 суток.

■ ■ ■
Командир космического корабля «Союз-35» Л. И. Попов (слева) и бортинженер, летчик-космонавт СССР, Герой Советского Союза В. В. Рюмин

Фотохроника ТАСС

В процессе ее эксплуатации успешно прошла отработку принципиально новая система снабжения пилотируемого комплекса с помощью автоматических грузовых транспортных кораблей «Прогресс».

Длительная активная эксплуатация станции «Салют-6» стала возможной в результате принятых при ее проектировании конструктивных и технических решений, а также комплекса ремонтно-профилактических мероприятий, проведенных космонавтами в ходе полета.

* Продолжение. Начало в № 1, 2, 3, 4, 5, 6, 1978; № 1, 3, 4, 5, 6, 1979.

Научно-популярный
журнал
Академии наук СССР
Основан в 1965 году
Выходит 6 раз в год
Издательство «Наука»
Москва

4 ИЮЛЬ
АВГУСТ
1980

ЗЕМЛЯ И ВСЕЛЕННАЯ

В номере:

М. Б. Заксон, Н. С. Кардашев, А. И. Савин, А. Г. Соколов, К. П. Феоктистов — Первый радиотелескоп в космосе	2
В. Л. Барсуков, О. А. Богатиков, В. И. Нефедов — Необычное свойство лунного реголита	10
М. Я. Маров — Венера: открытия и проблемы	13
В. М. Липунов, В. Г. Сурдин — Загадка SS 433	20
А. С. Гинзбург — Источник атмосферных движений	28
В. Е. Степанов, В. В. Касинский, В. М. Томозов — Год солнечного максимума	33
А. М. Городницкий — Твердое дно океана	38
В. И. Сухих — Лес и космос	42

ЛЮДИ НАУКИ

А. И. Еремеева — Шарль Мессье	48
-------------------------------	----

ОБСЕРВАТОРИИ И ИНСТИТУТЫ

С. Б. Новиков — Высокогорная среднеазиатская обсерватория	52
---	----

ЭКСПЕДИЦИИ

Л. А. Пономарева — Последний рейс «Витязя»	58
--	----

СИМПОЗИУМЫ, КОНФЕРЕНЦИИ, СЪЕЗДЫ

В. В. Шевченко — Проблемы астрофизических исследований Луны	64
---	----

ИЗ ИСТОРИИ НАУКИ

В. А. Гуриков — Первые ахроматические телескопы	68
---	----

ЛЮБИТЕЛЬСКАЯ АСТРОНОМИЯ

Б. Г. Пшеничнер, Е. И. Баланов — IV Всесоюзный слет юных астрономов и космонавтов	72
---	----

ЛЮБИТЕЛЬСКОЕ ТЕЛЕСКОПОСТРОЕНИЕ

Р. Х. Бекяшев — Самодельный астрограф	77
---------------------------------------	----

КНИГИ О ЗЕМЛЕ И НЕБЕ

П. Б. Бабаджанов — «Метеориты — осколки астероидов»	79
---	----

НОВОСТИ НАУКИ И ДРУГАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Гляциологические исследования из космоса [9]; На краю Солнечной системы [9]; Наблюдения покрытий звезд астероидами [18]; Слабое шаровое скопление [19]; Инфракрасные вспышки барстера [26]; Упущенная возможность [27]; Медленные ударный слой [27]; Радон в приземной атмосфере [32]; Фосфор в водоемах [32]; Кометы и межпланетное магнитное поле [37]; Новые рейсы «Гломара Челленджера» [63].

Оформление обложки: В. М. Разина (к статье М. Б. Заксона и др.).



Профессор
М. Б. ЗАКСОН
Член-корреспондент АН СССР
Н. С. КАРДАШЕВ
Член-корреспондент АН СССР
А. И. САВИН
Профессор
А. Г. СОКОЛОВ
Профессор
К. П. ФЕОКТИСТОВ

Первый радиотелескоп в космосе

КОСМИЧЕСКИЕ РАДИОТЕЛЕСКОПЫ В РАДИОАСТРОНОМИИ

Характерная особенность радиоастрономии — возможность исследовать объекты, от которых до Земли доходит ничтожное количество энергии. Она обусловлена, с одной стороны, малой интенсивностью фонового излучения в радиодиапазоне, а с другой — малой энергией радио-квантов. Поэтому в радиодиапазоне при заданной мощности излучения реализуется наилучшее отношение принимаемой мощности полезного сигнала к мощности шума. Это позволяет обнаружить и исследовать даже такие объекты, температура которых настолько низка, что их излучение приходится лишь на радиодиапазон (например, облака межзвездного газа). Именно в радиодиапазоне можно уверенно наблюдать наиболее далекие объекты Вселенной (например, квазары с большим красным смещением и реликтовое трехградусное излучение). Только в радиодиапазоне в естественных условиях действуют механизмы, приводящие к исключительно эффективному излучению. Они похожи на излучение антенн радиостанции или излучение лазеров, но, конечно, в радиодиапазоне. Антенный механизм характерен для радиоизлучения электронно-позитронной плазмы атмосфер пульсаров, а лазерный — для некоторых межзвездных диффузных туманностей. Процесс аномального радиоизлучения (например, в линиях водяного пара с длиной волны 1,35 см или гидроксила с длиной волны 18 см)

Создание в СССР первого в мире космического радиотелескопа KPT-10, запуск его на орбиту, развертывание и ввод в действие на станции «Салют-6», успешная и самоотверженная работа космонавтов В. А. Ляхова и В. В. Рюмина открыли новую важную страницу в истории космических исследований.

обычно соответствует активной фазе звездообразования.

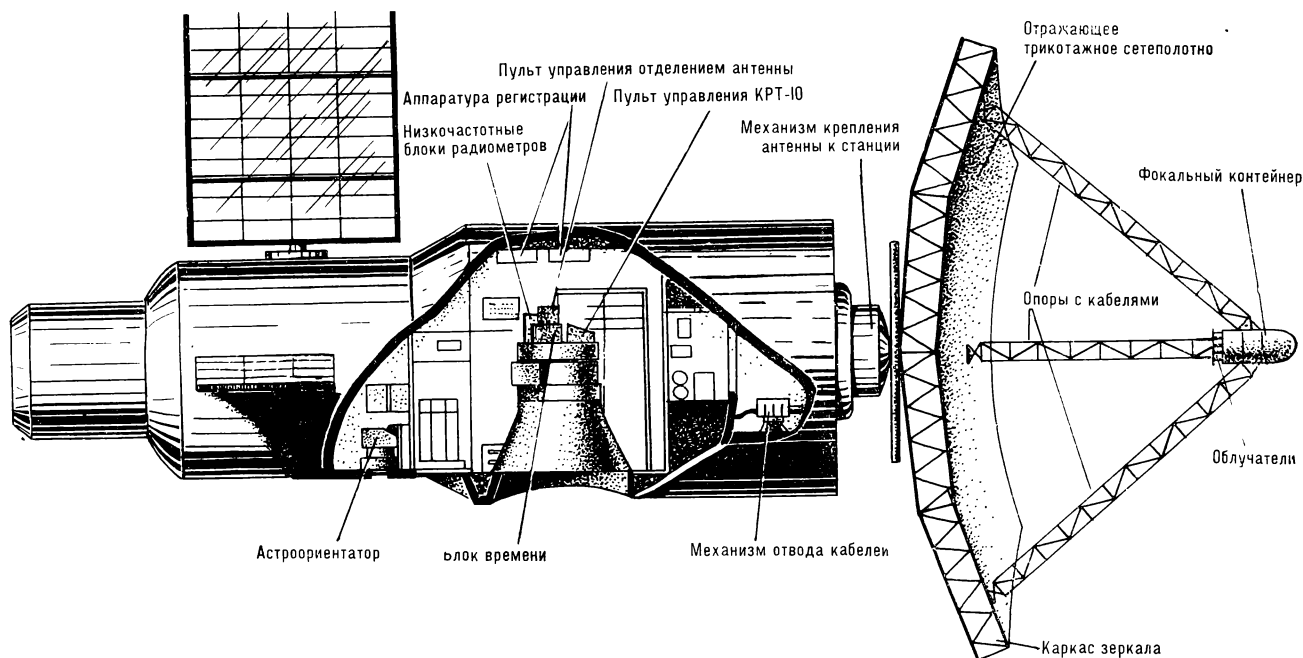
Основные параметры радиотелескопа — **чувствительность и угловое разрешение** («Земля и Вселенная», 1976, № 4, с. 2—12.—Ред.). Наивысшее угловое разрешение в радиоастрономии получается тогда, когда несколько разнесенных антенн образуют единую антенную систему — радиоинтерферометр. Угловое разрешение радиоинтерферометра определяется отношением длины волны, на которую настроены приемники, к расстоянию между крайними антеннами (база интерферометра). Сегодня площади крупнейших наземных антенн измеряются тысячами квадратных метров, а базы радиоинтерферометров близки к величине диаметра Земли («Земля и Вселенная», 1978, № 1, с. 4—11.—Ред.). Максимальная чувствительность радиотелескопов около 10^{-30} Вт/м²·Гц, а угловое разрешение приближается к 0,0001''.

Таким образом, основные перспективы радиоастрономии связаны с увеличением площади антенн и разнесением их на все большие рас-

стояния. И то и другое имеет практически неограниченные возможности при создании космических радиотелескопов.

Первый шаг космической радиоастрономии — вывод радиотелескопа небольших размеров на не очень высокую орбиту. Какие эксперименты могут быть поставлены в этом случае? Атмосфера Земли практически прозрачна для радиоволн в диапазоне от 1 см до 30 м. Поэтому космический радиотелескоп, движущийся по низкой орбите, образует с каким-либо наземным радиотелескопом интерферометр, база которого **быстро и плавно** изменяется со временем. А это уже важное новое качество, которое невозможно получить с помощью такой же чисто наземной системы. Основное требование радиоинтерферометрии звучит так: **для получения высококачественного изображения исследуемого источника с предельно возможным угловым разрешением необходимо провести наблюдения при всех значениях величины базы от минимального до максимального и при всех возможных ориентациях направления базы.** Это требование выполняется во время движения низкоорбитального космического радиотелескопа. По мере увеличения размеров орбиты, возрастает угловое разрешение космических интерферометров.

Использование интерферометров с космическими базами позволяет перейти к качественно новым методам исследования. Один из таких методов — получение объемных изображений исследуемых источников — **космическая радиоголография.** Реализация этого метода связана с воз-



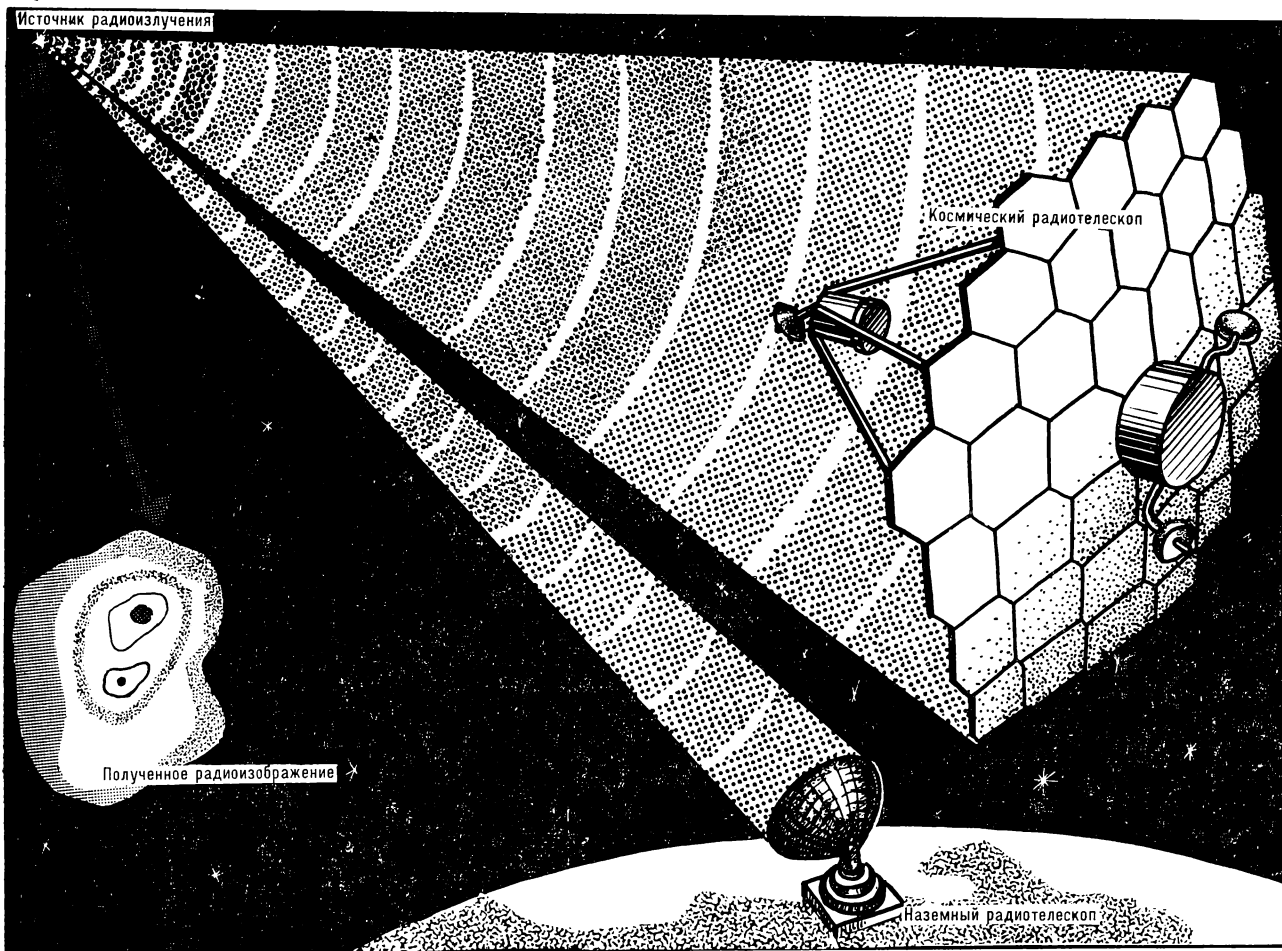
возможностью измерения кривизны фронта приходящей радиоволны. Максимальное расстояние до исследуемого источника определяется квадратом базы интерферометра, деленным на длину волны. При базисах порядка диаметра Земли оно меньше расстояния до ближайших звезд, но при размерах интерферометра в несколько астрономических единиц это расстояние быстро увеличивается до размеров, сравнимых с радиусом кривизны Вселенной. Поэтому значение голографических методов будет тем больше, чем больше станут размеры орбит.

Еще один новый метод — **наблюдение мерцаний радиоисточников**. Подобно мерцаниям звезд, видимым невооруженным глазом и обусловленным флуктуациями плотности в атмосфере Земли, поток радиоизлучения от далекого компактного радиоисточника испытывает хаотические колебания, которые связаны с флуктуациями плотности межзвездной плазмы. Исследования этого явления показали, что межзвездная среда представляет собой совокупность большого числа облаков плазмы различного размера, движущихся с разными скоростями. Каждое облако хаотически фокусирует (или

дефокусирует) проходящую через него радиоволну. Лучи, прошедшие сквозь различные облака, могут пересечься и проинтерферировать. Этой меняющейся хаотической картиной интерференции и обуславливаются мерцания радиоисточников. Определение характерных размеров такой интерференционной картины и скорости ее изменения, вероятно, откроет новый путь к исследованию облачного строения межзвездной плазмы, скоростей ее движения, а также к исследованию с исключительно высоким угловым разрешением самих источников излучения. Представим себе картинную плоскость наблюдателя (то есть плоскость, в которой находится наблюдатель, перпендикулярную направлению на исследуемый источник). Наблюдения показывают, что вследствие эффекта мерцаний величина потока излучения от источника в различных точках этой плоскости будет разной и вся картина распределения потока радиоизлучения по плоскости смещается в целом в каком-то опреде-

ленном направлении. В то же время структура картины со временем почти не меняется. Это движение и воспринимается одиночным радиотелескопом как мерцание радиоисточника. Два одновременно работающих радиотелескопа могут измерить характерный размер картины и скорость ее перемещения вдоль базы между антеннами. Три одновременно работающих радиотелескопа могут измерить размер картины по двум направлениям и мгновенный вектор скорости ее движения. Большее число одновременно работающих радиотелескопов позволяет обнаружить и изменение структуры картины. Таким образом, использование метода мерцаний для определения параметров интерференционной картины требует одновременно как минимум два радиотелескопа. В методе мерцаний, так же как и в интерферометрии, важно, чтобы один из телескопов быстро двигался по орбите. Изменение величины и направления базы позволяет выделять в картине различные размеры и направления движений. Угловое разрешение такого метода определяется отношением характерного размера картины мерцаний к расстоянию до источника. Оно намного выше раз-

■
Схема расположения аппаратуры КРТ-10 на станции «Салют-6»



решения интерферометров и равно 10^{-7} — 10^{-8} угловых секунд для расстояний в несколько килопарсек от Солнца. Поэтому пока мерцания наблюдаются только у пульсаров (наиболее компактных из известных радиисточников).

Наблюдения пульсара PSR 0329+54 одновременно с помощью двух радиотелескопов в Англии и Канаде на частоте 408 МГц позволили оценить размер картины мерцаний — около 80 000 км (то есть много больше диаметра Земли), а скорость перемещения в картинной плоскости около 360 км/с.

Рассмотренные методы не исчерпывают всех возможностей, которыми обладают космические радиотелескопы в радиоастрономических исследованиях. Космические радиотелескопы позволяют принимать сигналы

без искажения или сильного ослабления их атмосферой, что особенно важно при исследованиях в миллиметровом и дециметровом диапазонах.

АППАРАТУРА КРТ-10

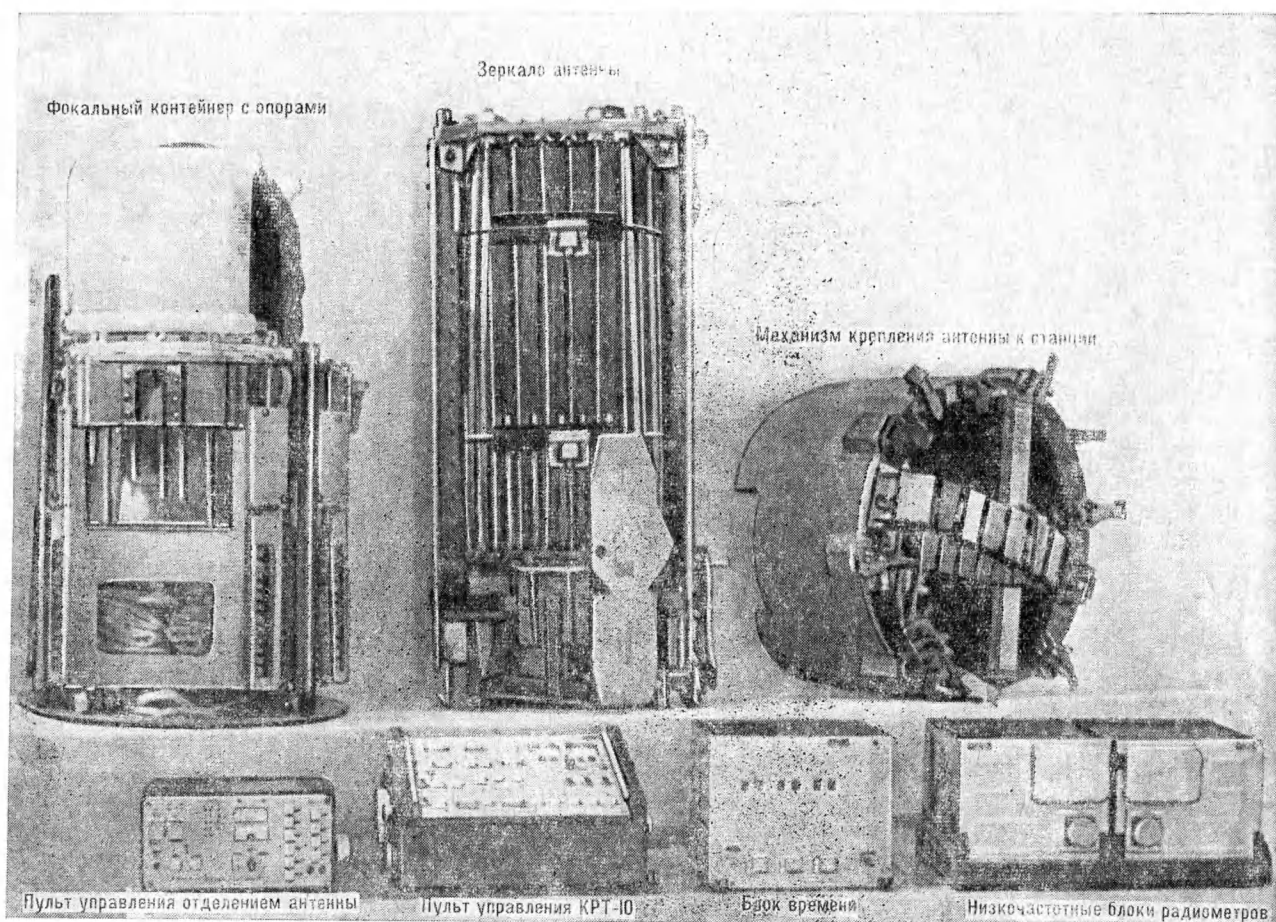
КРТ-10 — первый в мире космический радиотелескоп с зеркальной развертываемой антенной диаметром 10 м. Он собирается из отдельных блоков на долговременной орбитальной станции. КРТ-10 предназначен для приема в 12- и 72-сантиметровом диапазонах длин волн слабых электромагнитных колебаний, приходящих из космического пространства,

Схема интерферометра с переменной базой

с поверхности Земли, Мирового океана и атмосферы нашей планеты. Благодаря большому диаметру зеркала антенны, КРТ-10 обеспечивает с высоты 400 км разрешающую способность на Земле (7 км) в диапазоне 12 см.

Возможность сориентировать КРТ-10 на удаленные космические радиисточники и принять от них сигналы одновременно с наземным радиотелескопом позволяет образовать двухэлементную систему с изменяющейся во времени базой. Длина базы несколько превышает диаметр Земли.

Проведенная В. А. Ляховым и В. В. Рюминым сборка КРТ-10 из отдельных блоков, а также монтаж всей радиосистемы, выдвижение и разворачивание антенны, регулировка уровней сигналов радиометров, на-



ведение КРТ-10 на исследуемые объекты путем точной ориентации станции по звездам и управления ее движением, оперативная передача информации на Землю значительно расширяют технические возможности аппаратуры.

КРТ-10 состоит из пятилучевой двухдиапазонной остроуправленной зеркальной антенны, пятиканального двухдиапазонного высокочувствительного радиометра, блока времени, пульта управления, средств и пульта отделения антенны от станции, соединительных кабелей.

По условиям транспортировки в грузовом корабле антенна разделена на три блока: раздвигающееся зеркало, фокальный контейнер с облучателями и тремя раздвижными опорами и механизм крепления антенны к станции «Салют-6». В сло-

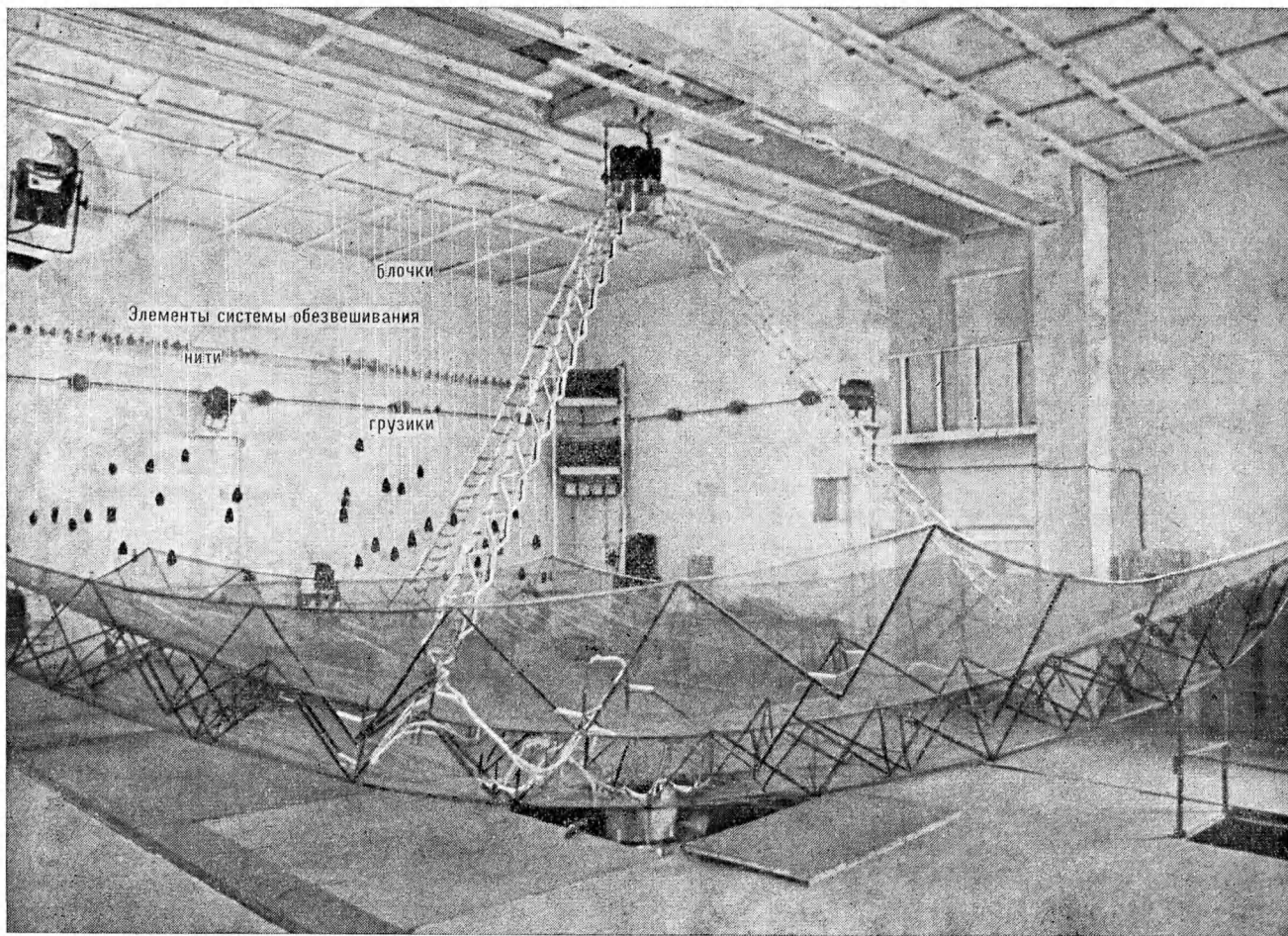
женном (транспортном) состоянии зеркало представляет собой шестигранную призму с максимальным поперечным размером примерно 0,5 м. В развернутом состоянии — это правильный шестиугольник со стороной 5 м, то есть с максимальным размером 10 м. Отношение размеров зеркала антенны в развернутом и сложенном состояниях (коэффициент разворачивания) равно примерно 20. Такого коэффициента разворачивания не было ни в одной из известных конструкций раскладных антенн.

Зеркало антенны представляет собой пространственную конструкцию, составленную из ферм, образующую

две эквидистантные поверхности. Обе поверхности конструкции созданы натянутыми тросиками диаметром 1 мм. Тросики соединены узлами с пружинными механизмами в треугольные ячейки. Максимальный размер ячейки немногим более 1 м. Поверхности объединены жесткими диагональными стержнями прямоугольного сечения 6×12 мм², длиной около 0,8 м. Необходимая конфигурация рабочей поверхности определяется длиной тросиков.

Отражающая поверхность зеркала — специально разработанное трикотажное сетеполотно, сделанное из металлических нитей диаметром 50 мкм. Для повышения коэффициента отражения сетеполотно покрыто тонким слоем металла с более высокой электрической проводимостью, чем у основных металлических нитей.

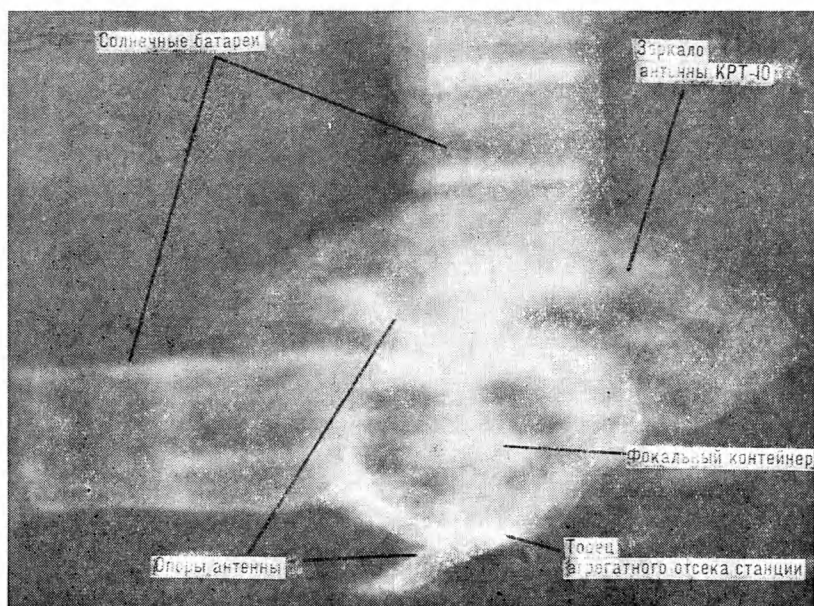
■
Аппаратура КРТ-10 в транспортном (сложенном) состоянии

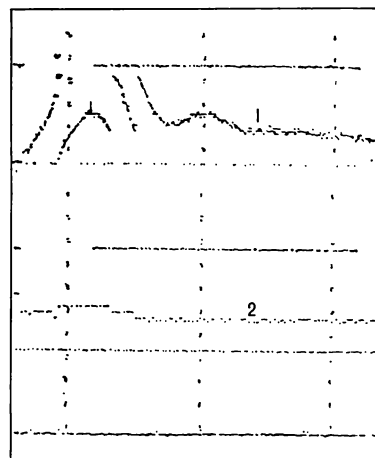
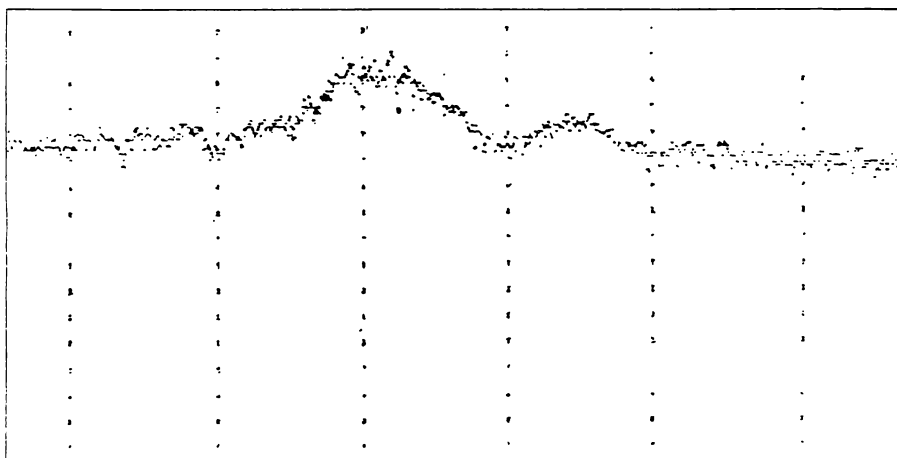


Облучатели антенны — четыре рупора для 12-сантиметрового и спиральный для 72-сантиметрового диапазонов длин волн — укреплены на корпусе фокального контейнера, внутри герметичного отсека которого расположены высокочастотные усилители радиометров и система

Развернутая антенна КРТ-10 в испытательном зале

Фотография станции «Салют-6», полученная с помощью телевизионной установки на отходящем корабле «Прогресс-7» после развертывания антенны КРТ-10. Нижняя часть зеркала и правая опора антенны, равно как и правая солнечная батарея, из-за условий освещенности на снимке не видны





терморегулирования. Фокальный контейнер механически соединен с зеркалом тремя раскладными опорами. В развернутом виде каждая опора представляет собой трехгранную ферму длиной 5 м. В сложенном виде длина опоры 0,27 м. Вдоль опор и по конструкциям зеркала проложены кабели, соединяющие аппаратуру фокального контейнера и некоторые датчики, расположенные на антенне, с аппаратурой, установленной в рабочем отсеке станции.

Низкочастотные блоки радиометров, размещенные вместе с пультом управления КРТ-10, блоком времени и пультом отделения антенны в рабочем отсеке станции, позволяют пе-

Фотография облучателя антенны КРТ-10, полученная после раскрытия антенны с помощью причального телевизора станции «Салют-6» сквозь конструкции и отражающее сетеполотно

редавать на Землю информацию по обычным телеметрическим линиям.

При создании КРТ-10 огромное значение имела отработка разворачивания зеркала антенны и опор фокального контейнера. Сначала это было сделано на фрагменте антенны, а затем многократно проверено на всей антенне. Эти испытания проводились на специально созданном стенде с системой компенсации веса элементов конструкции антенны, имитирующей условия невесомости.

ЭКСПЕРИМЕНТЫ НА БОРТУ «САЛЮТА-6»

30 июня 1979 года грузовой корабль «Прогресс-7» доставил на борт

Примеры записей телеметрической информации, переданной на Землю в процессе измерений характеристик антенны КРТ-10. По горизонтали отложено время, по вертикали — принятая антенной мощность. Слева — запись сигналов от дискретного источника радиоизлучения Кассиопея-А в 12-сантиметровом диапазоне волн; справа — запись сигналов в 72-сантиметровом диапазоне волн от Солнца. Поскольку изменение сигнала очень велико, пределов одной точной шкалы оказалось недостаточно и пришлось переходить с одной точной шкалы на другую. 1 — показания точной шкалы радиометра; 2 — дискретный сигнал, показывающий номер точной шкалы, в пределах которой находится измеряемый сигнал

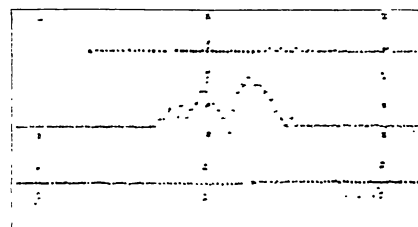
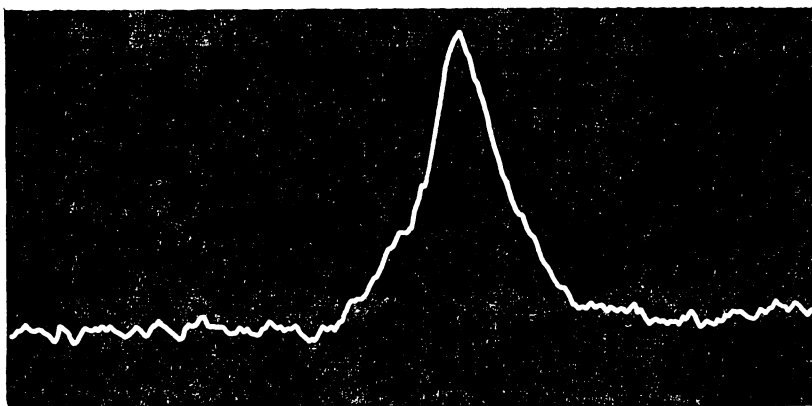
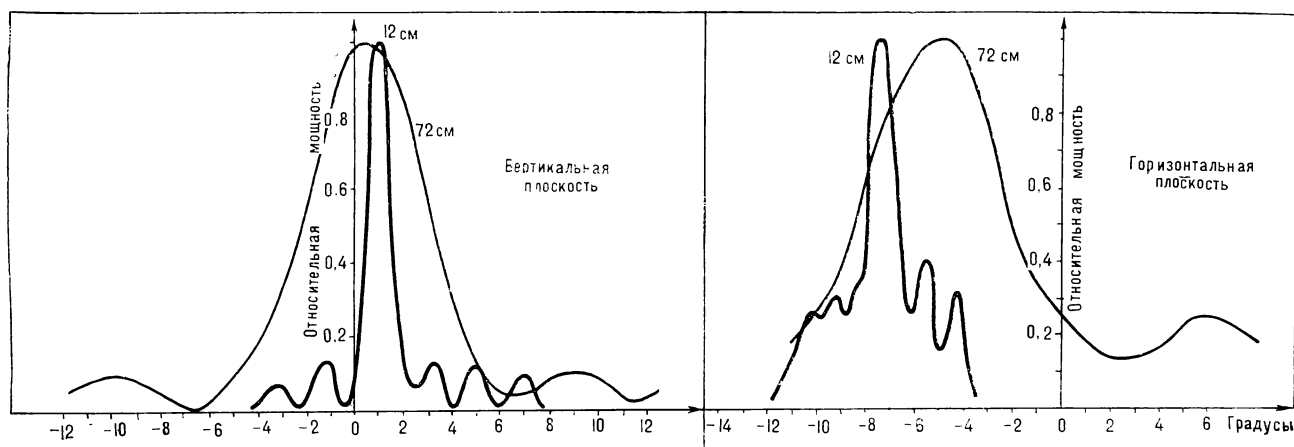
станции «Салют-6» блоки КРТ-10. Космонавты В. А. Ляхов и В. В. Рюмин провели стыковку и монтаж всех блоков, предварительную проверку действия отдельных элементов.

18 июля 1979 года «Прогресс-7» отошел от станции, антенна КРТ-10 была выдвинута и раскрыта. Телевизионные устройства на корабле «Прогресс-7» позволяли наблюдать процесс раскрытия антенны.

КРТ-10 работал до 9 августа 1979 года, когда было произведено отделение антенны от станции («Земля и Вселенная», 1979, № 6, с. 2—3.—Ред.). Анализ полученной телеметрической информации, а также регулярные доклады экипажа свидетельствовали о том, что аппаратура была доставлена на борт станции в исправном состоянии и функционировала безотказно.

Значения флуктуационной чувствительности радиометров на борту соответствовали проектным, равным 0,2—0,3 К и практически не изменялись в течение всей работы.

При вводе в действие КРТ-10 на борту станции «Салют-6» важнейшими этапами были юстировка и снятие диаграмм направленности антенны. Юстировка (привязка лучей антенны к основным осям станции) необходима для проведения всех последующих экспериментов. Диаграммы направленности особенно важны для оценки фактической разрешающей способности, кроме того они дают надежные данные о качестве



раскрытия антенн. Для этих измерений космонавтам приходилось поворачивать всю станцию. Измерения проводились по радиоизлучению дискретного источника Кассиопея-А,

Зависимость мощности, принимаемой антенной КРТ-10 от угла между продольной осью станции «Салют-6» и направлением на источник излучения — диаграмма направленности. Она получена в результате обработки записей телеметрической информации, переданной на Землю, и приведена в виде двух сечений во взаимноперпендикулярных плоскостях

Импульс пульсара PSR 0329+54, принятый наземным радиотелескопом Центра дальней космической связи в Крыму 6 августа 1979 года во время синхронной работы с КРТ-10

Солнца и наземного источника. Результаты юстировки оказались в хорошем соответствии с данными о расположении центра спирального облучателя, полученными с помощью причального телевизора станции. Это говорит о том, что плоскость раскрытия зеркала антенны была перпендикулярна продольной оси станции. Измеренные диаграммы направленности также свидетельствуют о хорошем качестве раскрытия зеркала антенны. На волне 12 см получили, как и ожидали, ширину луча $1-1,3^\circ$. Ширина диаграммы направленности на волне 72 см равна $5,5-6^\circ$. Таким образом получили необходимый материал для дальнейших экспериментальных исследований.

Астрофизические исследования, задачей которых являлась отработка радиоастрономических методов в космосе, проводились в двух режимах: кругового вращения станции

вокруг поперечной оси для картографирования Млечного Пути и постоянной ориентации станции для наблюдения пульсара PSR 0329+54 совместно с 70-метровым радиотелескопом в Крыму.

Было проведено большое число геофизических исследований. Принципиально новый результат — ранее никем не достигнутая высокая разрешающая способность при измерениях из космоса радиояркости температуры поверхности Земли и Мирового океана. Из необычных явлений можно отметить зафиксированное КРТ-10 излучение действующего в то время вулкана Этна.

Создание космического радиотелескопа КРТ-10 и проведенные на нем радиотехнические, астрофизические и геофизические исследования пред-

Запись сигналов в 12-сантиметровом диапазоне волн, полученных при прохождении одним из лучей антенны КРТ-10 действующего вулкана Этна

ставляют собой новый шаг в развитии отечественной науки и техники.

Можно с уверенностью сказать, что теперь открыт путь к созданию космических радиотехнических систем с монтируемыми на орбите большими остронаправленными антеннами, работающими как автономно, так и совместно с наземными радиотелеско-

пами. Очень важны для развития этого научно-технического направления следующие работы, выполненные в ходе создания КРТ-10: исследование областей применения космических радиосистем с монтируемыми на орбите большими остронаправленными антеннами; разработка принципов построения электрических

схем, различных типов конструкций таких систем; исследование технологии изготовления больших развертывающихся антенн и их испытаний в наземных условиях; разработка методов монтажа на орбите и ввода в действие космических радиосистем с большими развертывающимися антеннами.

ГЛЯЦИОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ИЗ КОСМОСА

Впервые гляциологические исследования и эксперименты из космоса были выполнены на станции «Салют-6» летчиками-космонавтами СССР Ю. В. Романенко и Г. М. Гречко, В. В. Коваленком и А. С. Иванченковым. Основная трудность экспериментов — малый интервал времени, в течение которого можно наблюдать объекты. Поскольку скорость полета станции над Землей около 7,8 км/с, время наблюдения, как правило, не превышает 1 минуты. За это время космонавт должен опознать участок местности и «привязать» его к карте, найти заданный объект исследований, провести наблюдения и фотосъемку. Серьезная помеха для визуальных наблюдений — облачный покров. Более чем в 70% случаев запланированная для обзора местность оказывалась закрытой облаками. Чтобы увидеть летом 1978 года ледовую обстановку в районе Антарктического полуострова, пришлось ждать 10 недель.

В качестве эталонного района выбрали горы Памира.

При высоком контрасте элементов ландшафта глаз космонавта даже без бинокля способен различить протяженные образования шириной всего 10—15 м. При наблюдении малоконтрастных объектов эта величина оказывается 80—100 м. Чем больше опыт наблюдений, тем меньше время, затрачиваемое на поиск объекта эксперимента. После 70 суток полета В. В. Коваленок и А. С. Иванченков любой заданный ледник Памира обнаруживали сразу, как только он попадал в поле зрения.

Одна из задач эксперимента — визуальное наблюдение динамики крупной ледниковой системы. В качестве такой системы выбрали южное и северное ледяные поля Патагонских Кордильер. При изучении ледника О'Хиггинс, стекающего

с южного патагонского ледяного поля в озеро Сан-Мартин, космонавтам удалось зафиксировать рождение грандиозного айсберга от горного ледника и оценить быстроту его распада. Установлено, что ледник О'Хиггинс за 43 года сократился на 14 км.

Анализ космических снимков северного патагонского ледяного поля и сравнение их с известными данными позволяют утверждать, что с точностью 150—200 м контуры этого поля за последние 30—40 лет почти не изменились.

Выполнены интересные наблюдения айсбергов. Особенно крупный айсберг был обнаружен 22 декабря 1977 года в районе острова Южная Георгия. Все космонавты, работавшие на борту станции «Салют-6», следили за перемещением этого айсберга. Удалось собрать данные о миграции айсбергов и их разрушении, а следовательно, и о некоторых особенностях течений в районах их дрейфа.

«Исследование Земли из космоса», 1980, 1.

НА КРАЮ СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ

В декабре 1973 года «Пионер-10» впервые провел исследования Юпитера, «Пионер-11» в сентябре 1979 го-

да — Сатурна, причем до этого в декабре 1974 года он осуществил наблюдения Юпитера со значительно более близкого расстояния, чем «Пионер-10», — 42 800 км против 131 000 км («Земля и Вселенная», 1973, № 6, с. 51; 1974, № 2, с. 80; 1977, № 4, с. 36—37; 1978, № 2, с. 20—23. — *Ред.*). Где же теперь эти станции, продолжают ли они передавать информацию, какая их ждет судьба?

«Пионер-10», пролетев около Юпитера в декабре 1973 года, в феврале 1976 года пересек орбиту Сатурна, а в июле 1979 года — орбиту Урана. Сами планеты в эти моменты находились на значительном удалении от станции, так что исследовать их станция не могла. Сейчас «Пионер-10» находится между орбитами Урана и Нептуна и по-прежнему удаляется от Солнца. Поступающая от него информация представляет большой интерес для ученых, поскольку станция вошла в те области Солнечной системы, где как бы соприкасаются Солнце и межзвездная среда. Связь со станцией падают поддерживать примерно до 1983 года. В 1987 году она пересечет орбиту Плутона, то есть покинет Солнечную систему, и продолжит движение в направлении звезды Альдебаран в созвездии Тельца.

Станция «Пионер-11» после пролета около Сатурна тоже продолжает удаляться от Солнца и сейчас находится между орбитами Сатурна и Урана («Земля и Вселенная», 1980, № 2, с. 22—25. — *Ред.*). От нее поступает информация, имеющая не меньшую ценность, чем информация от «Пионера-10». Связь с «Пионером-11» надеются поддерживать до 1987 года. Он пересечет орбиту Плутона и выйдет за пределы Солнечной системы в 1993 году.

Д. Ю. ГОЛЬДОВСКИЙ



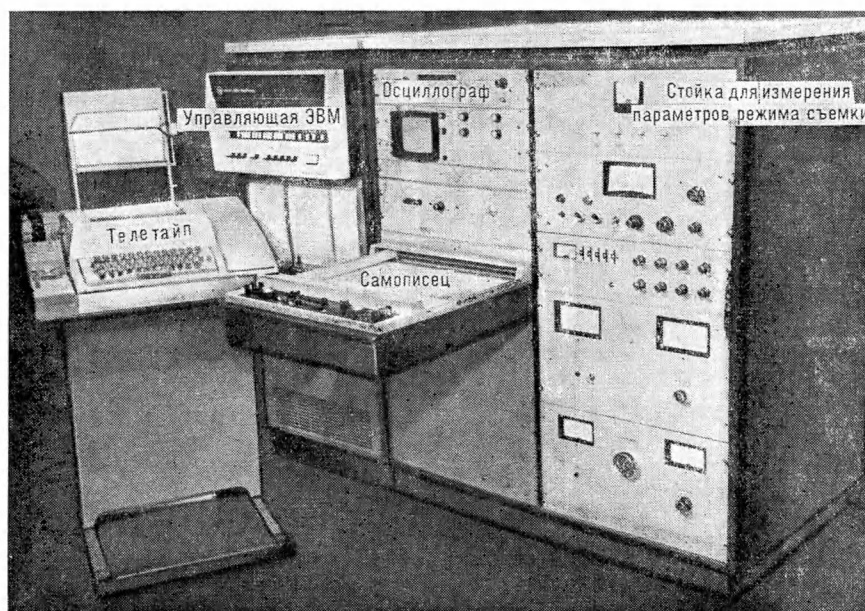
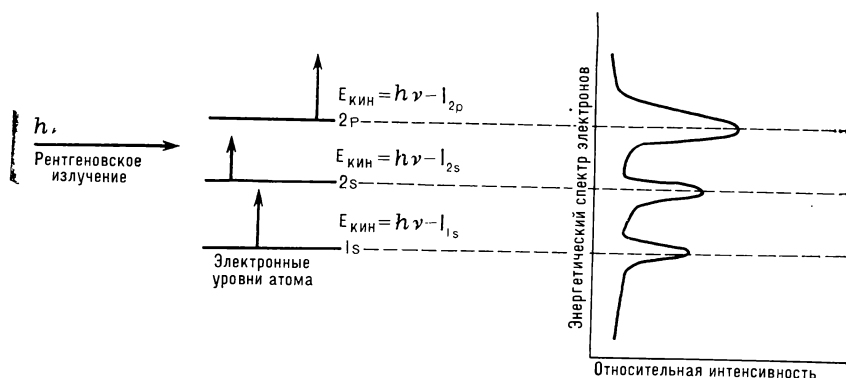


Член-корреспондент АН СССР
В. Л. БАРСУКОВ
Доктор геолого-минералогических наук
О. А. БОГАТИКОВ
Доктор химических наук
В. И. НЕФЕДОВ

Необычное свойство лунного реголита

В ноябре 1979 года Государственный комитет СССР по делам открытий и изобретений зарегистрировал открытие «Свойства неокисляемости ультрадисперсных форм простых веществ, например железа, титана, кремния, находящихся на поверхности космических тел, например лунного реголита».

Это открытие было сделано группой исследователей, работающих в Институте геохимии и аналитической химии имени В. И. Вернадского, Институте общей и неорганической химии имени Н. С. Курнакова, Институте геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии АН СССР и Институте металлофизики АН УССР. История открытия такова. В сентябре 1970 года советская автоматическая станция «Луна-16» доставила на Землю образцы рыхлого грунта с поверхности Луны. По инициативе и под руководством академика А. П. Виноградова были начаты интенсивные исследования лунного реголита всеми доступными физическими, химическими и минералогическими методами. Среди многих других решили применить новый метод изучения состава и структуры образцов — метод рентгеноэлектронной спектроскопии. Время рождения метода — начало 60-х годов, но широкое применение его с использованием современной сложной аппаратуры приходится на 70-е годы. Принцип метода прост. Монохроматическое, то есть строго определенной длины волны (и, следовательно, энергии $h\nu$) излучение на-

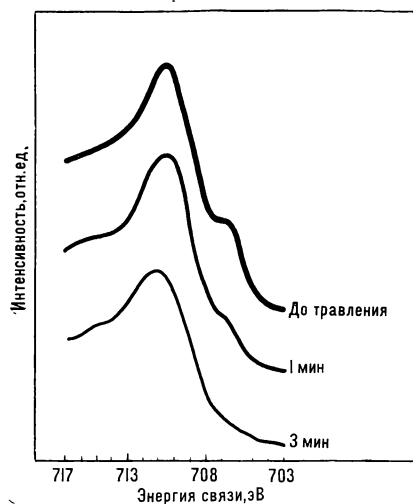
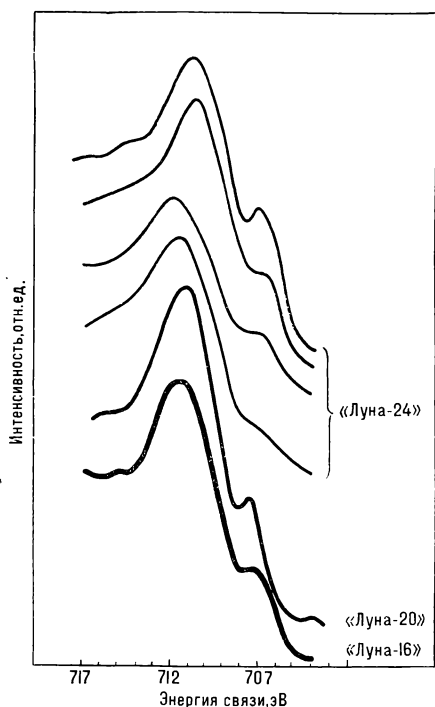


Принцип рентгеноэлектронного метода

Аппаратура, используемая в рентгеноэлектронном методе
Фото В. Конышева

правляется на образец, в котором среди прочих имеются атомы с электронными уровнями, обозначаемыми квантовыми числами 1s, 2s, 2p и т. д. Излучение выбивает из каждого уровня электрон, который приобретает кинетическую энергию $E_{кин}$. Эта энергия измеряется с высокой точностью специальным спектрометром. Она равна разности между энергией падающего излучения и энергией электрона на том или ином уровне (1s, 2s, 2p...). Поэтому появляется возможность определить энергию электрона.

Точно измеряемая энергия электронного уровня зависит от его валентности, окружающих атомов и т. д. Это значит, что можно определить, в каком веществе и каком состоянии находится атом, спектр которого регистрируется. Кроме того, электроны могут быть вырваны только из поверхностного слоя вещества толщиной меньше 0,005 мкм. Поэтому метод служит инструментом изучения состояния **поверхности** образца. Для исследования взяли небольшую часть мелкого лунного грунта, уже находившегося на воздухе в течение нескольких месяцев. До начала этой работы, в которой участвовали академики А. П. Виноградов и Н. М. Жаворонков, доктор химических наук В. И. Нефедов, доктор химических наук В. С. Урусов, было известно, что в лунном реголите содержатся различные модификации металлического железа — отдельные кусочки метеоритного происхождения и мелкодисперсное железо, происхождение которого предстояло выяснить. Поскольку общая концентрация металлического железа намного меньше концентрации окисленного железа лунных минералов (всего около процента), а металлическое железо, находившееся в контакте с воздухом, быстро покрывается защитной пленкой окислов, предположили, что в рентгеноэлектронном спектре линия, соответствующая неокисленному железу, должна отсутствовать. Эксперимент, однако, опроверг это мнение. Наличие неокисленного железа подтверждают опыты по растиранию образцов реголита, а также ионное травление, в результате которых сни-



мается поверхностный слой вещества. При растирании вскрываются внутренние, подповерхностные зоны частиц. Такое же действие производит высокоэнергетический пучок ионов инертного газа, например гелия или аргона, который как бы «сдувает» поверхностный слой вещества. Оказалось, что после того как растиранием или ионным травлением был удален поверхностный слой, на рентгеноэлектронном спектре исчез и максимум, показывавший присутствие неокисленного железа.

Парадоксальность этого результата заключена в том, что обычное металлическое железо (и нержавеющие стали) в течение очень короткого времени (от минут до суток) по-

крывается слоем окиси толщиной 0,005 мкм и больше, что вообще не позволяет фиксировать рентгеноэлектронным методом наличие металлической формы на поверхности. За сутки первоначально чистая металлическая поверхность чистого железа (99,9%), полученная травлением в аргоне, в основном окисляется, а после нескольких недель выдержки на воздухе окисляется полностью.

Аналогичный эффект был обнаружен и для простых форм титана и кремния в частицах реголита. Оказалось, что на поверхности частиц реголита кроме элементарного железа (не связанного с другими химическими элементами) присутствуют еще и элементарные титан и кремний, а возможно, и алюминий, которые также в течение длительного времени не подвержены окислению после переноса их из космического вакуума в земную атмосферу. В этой работе участвовали член-корреспондент АН СССР В. Л. Барсуков, член-корреспондент АН УССР В. В. Немощкаленко, доктор геолого-минералогических наук О. А. Богатиков, кан-

Рентгеноэлектронные спектры Fe 2p (энергетическое положение уровня с квантовыми числами 2p в атоме железа) образцов лунного реголита, доставленных советскими автоматическими станциями. Первый максимум свидетельствует о наличии неокисленного железа в концентрации 10—15% от общей концентрации железа в поверхностном слое толщиной около 100 Å

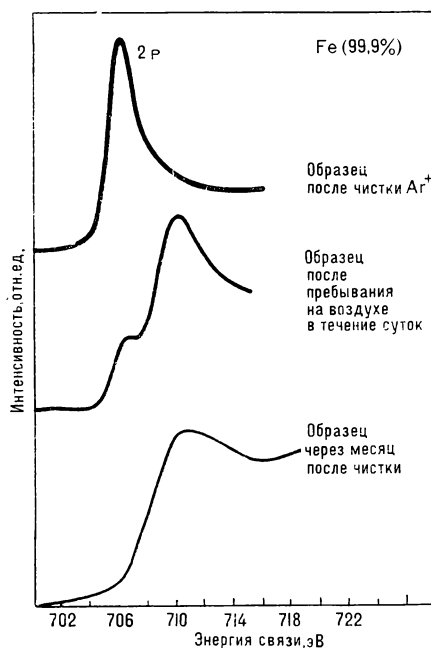
Рентгеноэлектронные спектры Fe 2p лунного реголита, подвергшегося травлению ионами Ar⁺. После трехминутного травления, когда удаляется слой поверхности около 100 Å, максимум, показывающий наличие неокисленного железа, исчезает



дидат геолого-минералогических наук А. В. Иванов, доктор физико-математических наук В. Г. Алешин, кандидат геолого-минералогических наук Ю. П. Диков. После опубликования в 1977—1978 годах материалов, полученных этими авторами, стало ясно, что свойство неокисляемости очень мелких частиц простых веществ на поверхности Луны довольно общее и что только недостаточная чувствительность современных методов исследования не позволяет обнаружить подобное состояние других элементов — никеля, кобальта, хрома и т. п.

Перед авторами открытия, конечно, возник вопрос о происхождении этих совершенно необычных для аналогичных земных пород (базальтов) форм элементарных веществ. Присутствие их только в поверхностных слоях частиц указывает на вторичность, то есть восстановление первоначально окисленных железа, титана, кремния. Детальное исследование минералогии и химии лунного реголита приводит к заключению, что возникновение обнаруженных в поверхностных слоях частиц лунного реголита, восстановленных до элементарного состояния форм ряда элементов, связано с воздействием окружающего космического пространства. Основной фактор — действие «солнечного ветра», космических лучей и микрометеоритов, которые непрерывно в течение многих миллионов лет бомбардируют ничем не защищенную лунную поверхность.

Можно назвать несколько причин, способных приводить к пассивации (увеличению коррозионной устойчивости) поверхности, подвергнутой по-



добному воздействию. Во-первых, ионная бомбардировка в лабораторных условиях или «солнечный ветер» в условиях космических могут уничтожить в результате распыления или блокировать активные центры (возбужденные атомы или какие-нибудь примеси), способствующие окислению. Во-вторых, изменение поверхностного слоя может приводить к образованию исключительно тонкого слоя аморфной пленки металла или пленки окислов, препятствующего дальнейшему окислению. Столь необычное поведение по отношению к кислороду возможно также у маленьких атомных кластеров (скопления сотен — тысяч атомов), у которых имеется запрещенная зона, и вследствие этого их можно рассматривать как полупроводники или изоляторы, а точнее, как некие макромолекулы, реакции которых с молекулярным кислородом при комнатных температурах замедлены.

Воздействием «солнечного ветра» объясняется также изменение поверхностного состава частиц лунного ре-

голита по сравнению с объемом вследствие протекания различных реакций на поверхности. Таким образом, необычные свойства поверхности частиц лунного реголита — это проявление сложной «космической эрозии» в результате действия таких космических факторов, как «солнечный ветер» и микрометеоритная бомбардировка. Несомненно, такой процесс должен быть характерным для всех тел Солнечной системы, лишенных атмосферы.

Авторы получили доказательства уменьшения концентрации восстановленных элементов по мере перехода к более глубоким и менее переработанным зонам колонки реголита. Если реголит интенсивно перемешивался в результате бомбардировки метеоритами, то изменение концентрации восстановленных элементов с глубиной становится индикатором интенсивности этих процессов и «экспозиционного возраста» реголита.

Изменение состава поверхности частиц реголита, в частности восстановление элементов, приводит к изменению ряда других свойств поверхности Луны и космического вещества в целом. В первую очередь это относится к величине альбедо реголита.

Как уже отмечалось выше, различные факторы могут приводить к повышению устойчивости металла к поверхностному окислению. Несомненно, что для частиц лунного реголита большую роль играют также подложка, на которой находятся частицы железа, сам процесс получения этих частиц в условиях сверхвысокого вакуума, «солнечного ветра» и микрометеоритной бомбардировки. Совокупность всех этих воздействий и условий трудно в точности воспроизвести в лабораторных условиях. Но при моделировании «солнечного ветра» ионным облучением в определенных условиях можно получать металлические поверхности с повышенной устойчивостью к окислению. Такой способ обработки поверхности уже находит практическое применение.

График процесса окисления чистого железа в течение месяца



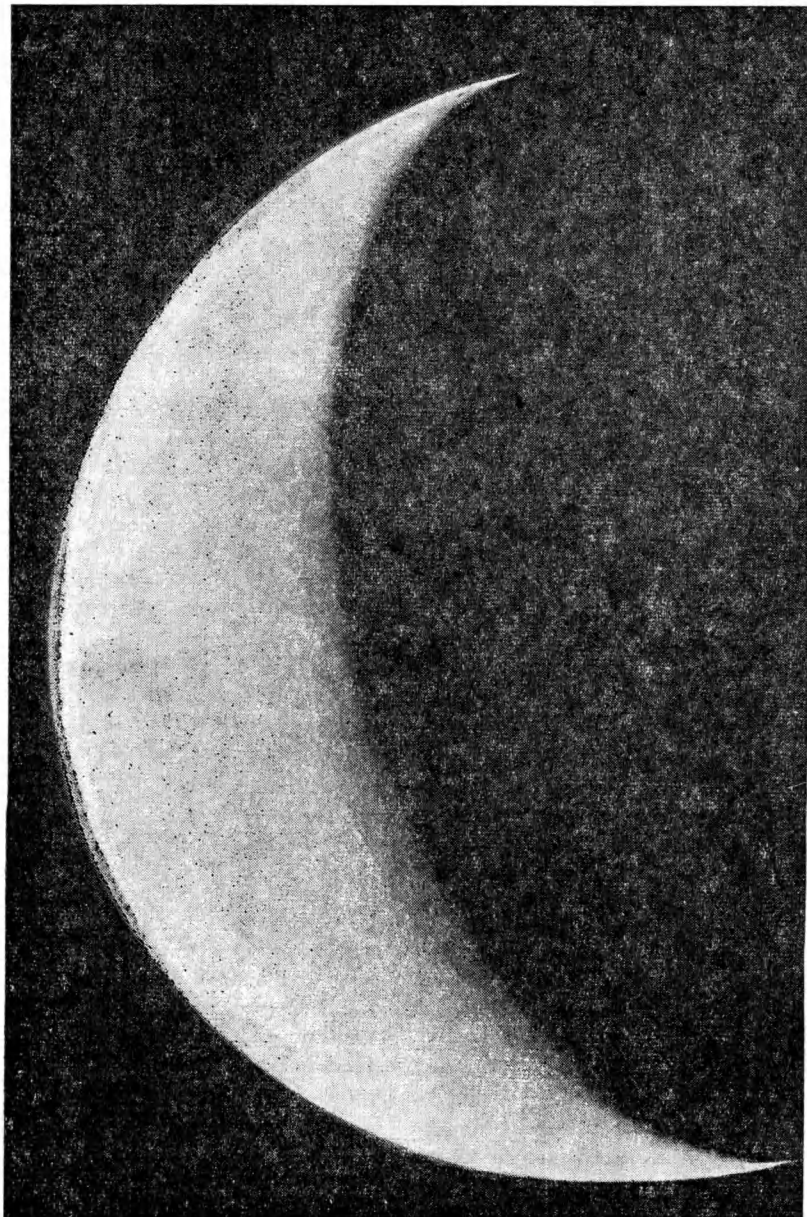
Доктор физико-математических
наук
М. Я. МАРОВ

Венера: открытия и проблемы

Почему две соседние планеты — наша Земля и Венера — прошли разный путь эволюции! В статье излагаются различные гипотезы, пытающиеся дать ответ на этот вопрос.

ОДНА ИЗ МОДЕЛЕЙ ЗЕМЛИ

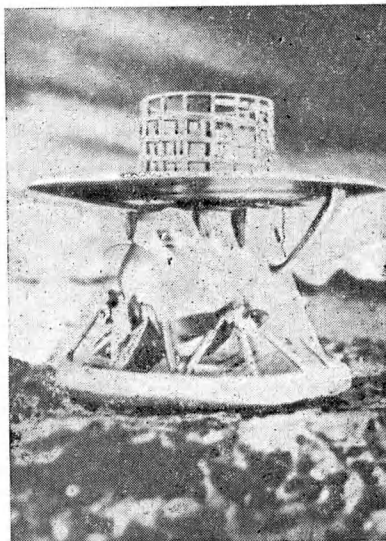
Как это ни кажется на первый взгляд парадоксальным, но до недавнего времени о планетах Солнечной системы нам было известно меньше, чем о далеких звездах. Такая ситуация сохраняется до сих пор в вопросах происхождения и эволюции планет и звезд. Это объясняется тем, что наблюдениям пока доступны всего девять больших планет Солнечной системы, в то время как число звезд, находящихся на разной стадии эволюции, только в пределах нашей Галактики превышает 10^{11} . Еще в конце прошлого столетия удалось выявить закономерности, связывающие светимость, массу и спектральный класс звезды. Подобные закономерности в планетной физике отсутствуют, и существующие космогонические и эволюционные концепции опираются преимущественно на гипотетические представления. Значительного прогресса в космогонии можно ожидать на пути количественного рассмотрения моделей аккумуляции протопланетных тел из первичного газово-пылевого облака. Среди них серьезно внимания заслуживают, на наш взгляд, появившиеся в последнее время модели, которые строятся исходя из законов классической механики



с использованием современных численных методов. Чтобы изучить последующие стадии эволюции, необходимо накопить экспериментальные данные о природе планет в современную и отдаленную эпохи (следы которых в той или иной степени сохранились на поверхности и в атмосферах планет), всесторонне сопоставить, проанализировать эти данные, чем и занимается сравнительная планетология.

Есть, как нам кажется, две причины, объясняющие, почему из всех планет земной группы именно Венера продолжает оставаться в центре внимания исследователей. Во-первых, как ближайший аналог Земли, она может рассматриваться в качестве одной из ее предельных моделей; во-вторых, Венера может служить уникальным полигоном для экспериментов по активному воздействию на климатические процессы в глобальном масштабе. С Венерой непосредственно связана проблема чисто земная, утилитарная — найти пределы регуляции в природно-климатических механизмах и взаимосвязях, за которыми непрерывно расширяющиеся антропогенные воздействия на климат могли бы оказаться необратимыми.

Естественно, на первый план выдвигается вопрос о том, что привело к развитию на Венере столь специфических природных условий. Были ли они predetermined закономерным характером первичного фракционирования вещества недр Венеры или последующей эволюцией, обусловленной близостью планеты к Солнцу? Когда появился на Венере существующий климат, устойчив ли он в течение времени, сопоставимого с возрастом Солнечной системы, или Венера переживала более благоприятные периоды, например в то время, когда на Земле происходили великие оледенения? Наконец, завершились или продолжают процессы вулканической и тектонической деятельности на планете, сопровождаемые интенсивной дегазацией, и каков баланс продуктов дегазации и диссипации газов из ее атмосферы в различные эпохи?



ПОВЕРХНОСТЬ И НЕДРА ВЕНЕРЫ

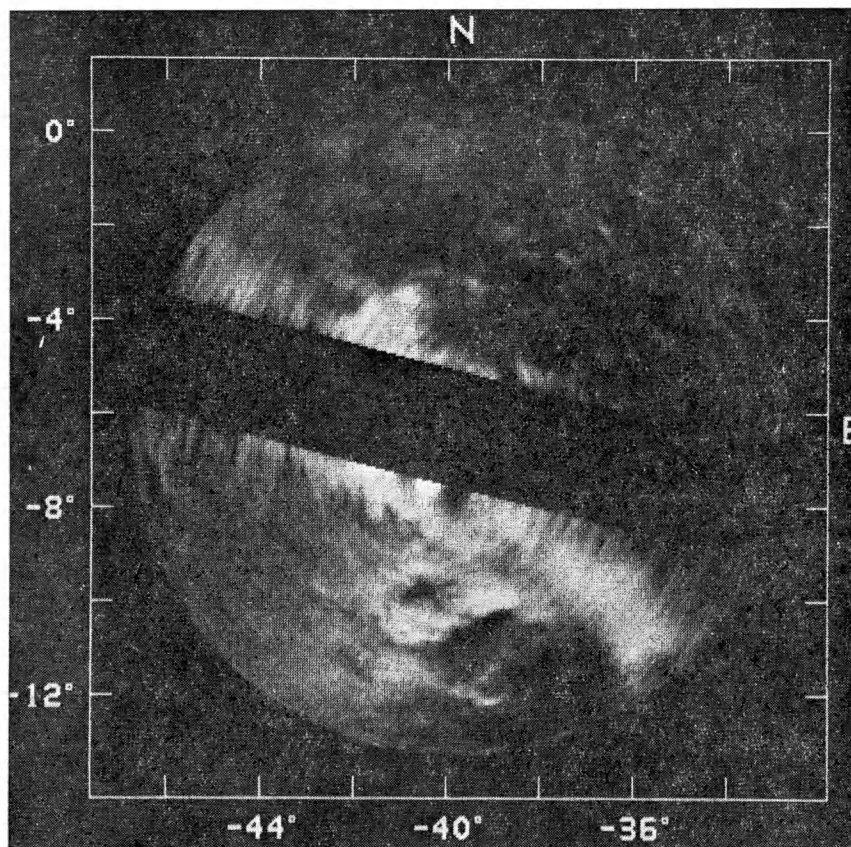
Поверхность Венеры нам пока известна гораздо хуже, чем поверхность Марса или Меркурия. Между тем напомним, что **глобальное картирование** Марса, выполненное с борта космических аппаратов, коренным образом изменило многие представления о его современном состоянии и путях эволюции («Земля и Вселенная», 1977, № 2, с. 30—40.—Ред.). Не меньшее значение имело бы решение аналогичной проблемы и для Венеры. Задача эта сложнее, поскольку вместо привычных фотоаппаратов и телекамер приходится пользоваться бортовым радиотелескопом и получать изображения поверхности Венеры в диапазоне радиоволн, для которых ее атмосфера, в отличие от видимого света, прозрачна. Таким путем были получены радиоизображения поверхности планеты с помощью радиолокатора, установленного на орбитальном аппарате «Пионер—Венера». К сожалению, переданные изображения по разрешающей способности (несколько десятков километров) ус-

тупают тем, которые получены во время наземной радиолокации Венеры, правда, лишь для нескольких областей вблизи экватора. По ним трудно судить о формах рельефа, его особенностях с той же определенностью, как это стало возможно после фотографирования Марса с разрешением лучше 1 км. Тем не менее удалось выявить отдельные интересные в геологическом отношении черты поверхности Венеры.

Расчеты **моделей тепловой эволюции** планет показывают, что Венера напоминает Землю не только некоторыми внешними параметрами, но и внутренним строением. У Венеры, по-видимому, есть железное ядро примерно такого же размера, как земное (около 7000 км поперечником), слой с пониженной вязкостью — астеносфера, который, как и у Земли, начинается в среднем с глубины примерно 200 км (или несколько меньше), и кора толщиной в несколько десятков километров. Можно утверждать, что на Венере (как и на Земле) уже на самых ранних этапах произошло разделение (дифференциация) слагающего ее вещества на оболочки. Это подтверждают результаты измерений интенсивности и спектрального состава естественного гамма-излучения грунта в трех точках посадки станций «Венера» («Земля и Вселенная», 1976, № 3, с. 3—15.—Ред.) и радиоизмерения с аппарата «Пионер—Венера». Поверхностный слой планеты образован преимущественно изверженной базальтоидной (и, видимо, сильно метаморфизованной) породой, которая в отдельных местах может быть более кислой (типа земных гранитов). Об этом же свидетельствуют анализ фотопанорам мест посадки «Венеры-9 и -10», на которых видны выходы магматических пород, и измеренная приборами «Венеры-10» плотность грунта. Она оказалась такой же, как у кристаллических базальтов ($2,7 \pm 0,1$ г/см³). Однако нам пока не известен минералогический состав грунта, содержание в нем летучих элементов, чтобы можно было определеннее судить о степени дифференциации планеты и ее эволюционной шкале.

Мощный инструмент изучения внут-

■
Автоматическая межпланетная станция «Венера» на поверхности планеты Венера (рисунок). Эти станции исследуют планету с 1961 года



ренного строения Земли — анализ скоростей распространения сейсмических волн от очагов землетрясений и сейсмозондирование. Принципиальная осуществимость таких экспериментов на других планетах не вызывает сомнений, а эффективность этих методов может быть исключительно велика. Данные о размере и строении ядра позволили бы, в частности, ответить на вопрос: почему у Венеры практически отсутствует магнитное поле, действительно ли это объясняется ее крайне медленным вращением? Определение сейсмичности важно, таким образом, не только для исследования недр Венеры, но и для

лучшего понимания природы планетарного магнетизма.

Как и Земля, где ежегодно происходят сотни крупных вулканических извержений и разрушительных землетрясений, Венера, очевидно, сохранила довольно высокую **активность недр**. Возможно, что для нее наиболее характерны эффузивные вулканы с близко расположенной к поверхности магмой и ее интенсивным оттоком из периферического очага. На Венере благодаря высокой температуре поверхности потоки лавы должны остывать гораздо медленнее, чем на Земле. Эта лава вместе с кратерами вулканов и вулканическими трещинами (фумаролами) может служить эффективным источником подвода газов в атмосферу. Нельзя также исключить, что в формировании поверхностных структур важную роль играли процессы глобальной тектоники, изменявшие контуры рельефа Венеры за сотни миллионов лет. С этими процессами, вероятно, связана об-

наруженная недавно в южном полушарии планеты громадная рифтовая долина. Каменистая осыпь на склоне кратера в районе посадки «Венеры-9» может быть также тектонического происхождения.

УНИКАЛЬНАЯ АТМОСФЕРА

Согласно современным представлениям, первичные атмосферы планет земной группы не были ими удержаны на стадии аккумуляции. Существующие атмосферы — вторичные, они образовались за счет дегазации недр в процессе разделения вещества на оболочки.

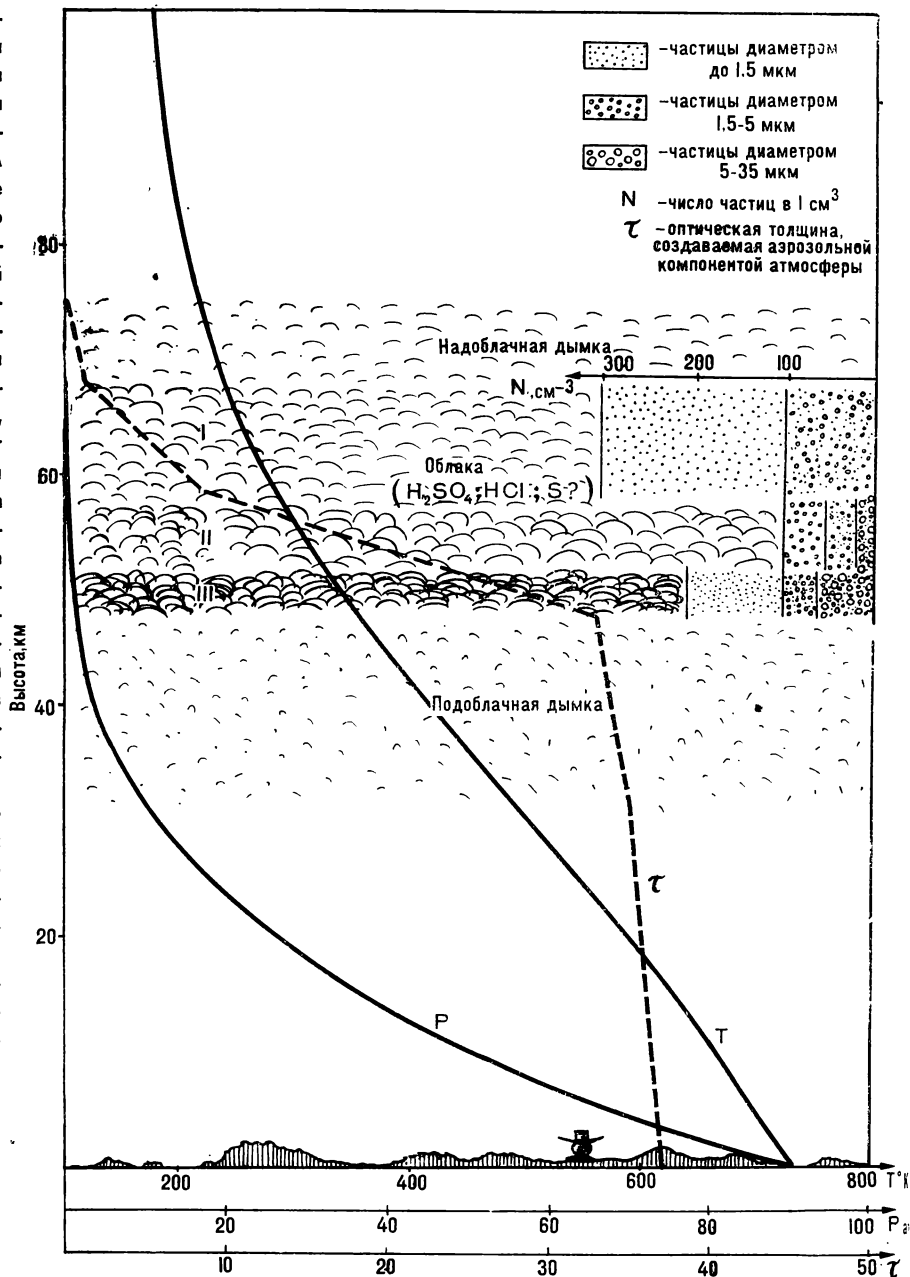
Водяной пар и углекислый газ составляют основную часть вулканических газов во время извержений. Количество воды достигает 20% от объема изливающихся базальтов, а объемное содержание углекислого газа по отношению к водяному пару при нормальных условиях примерно 1/5. В состав вулканических газов входят также соединения серы в виде сернистого ангидрида и сероводорода, метан, аммиак. Хорошо известны на Земле «кислые дымки» — хлористый и фтористый водород, выделяющиеся из лав при температуре около 1000 °С. На Земле эти соединения хлора и фтора, как и соединения серы, вымываются из атмосферы дождями и растворяются в океанах. На Венере, где океанов нет, они сохранились в атмосфере. Поэтому венерианские облака можно считать своеобразным аналогом земных океанов.

Протяженные, хотя и сильно разреженные облака Венеры занимают в ее атмосфере обширную область на высоте 48—65 км («Земля и Вселенная», 1979, № 4, с. 5—14. — Ред.). Вероятно, основную роль в формировании облаков играют соединения серы, из которых образовались капли серной кислоты примерно микронного размера. Наряду с ними в облаках, возможно, встречаются более крупные капли соляной кислоты и частицы серы. В зависимости от высоты относительное содержание отдельных компонентов, видимо, меняется, как изменяются размеры и количество частиц. Сосуществование

■
Радиоизображение поверхности Венеры вблизи экватора, полученное американскими радиоастрономами во время наземной радиолокации планеты. Поперечник области около 1500 км, разрешение 15—20 км

различных фаз в атмосфере, сохранение удивительной устойчивости и постоянства глобальной структуры облаков, очевидно, обеспечивается атмосферной динамикой, контролирующей также и тепловой режим планеты. В венерианской атмосфере наблюдаются движения различного пространственного масштаба — от зональных и меридиональных течений со скоростями в десятки и сотни метров в секунду до интенсивной турбулентности в зоне облаков. Феномен четырехсуточной циркуляции на Венере («Земля и Вселенная», 1974, № 5, с. 12—15.— Ред.) представляет большой интерес с точки зрения геофизической гидродинамики. Эта циркуляция была обнаружена по перемещению контрастных деталей на диске планеты и многократно подтверждена измерениями скорости зонального ветра на спускаемых аппаратах станций «Венера». Контрасты деталей на верхней границе облаков отражают сложнейшие физико-химические процессы, происходящие внутри облачного слоя.

Изучение облаков Венеры представляет особую важность в связи с возрастающей актуальностью чисто земной проблемы — защиты окружающей среды. Промышленные выбросы в атмосферу нашей планеты, приводящие к образованию туманов-смогов, имеют серьезные последствия — превышение предельных санитарных норм загрязнений воздушных бассейнов городов, нарушение экологического равновесия, катастрофическое воздействие на архитектурные памятники и др. Одна из причин возникновения устойчивых смогов — увеличение содержания в атмосфере сернистого ангидрида, его последующее окисление и образование капелек серной кислоты. В отличие от обычных туманов, смог не исчезает в солнечный день, а, наоборот, усиливается из-за фотохимических превращений. Венерианские облака в целом подобны таким смогам. Поэтому необходимо лучше понять физико-химические и динамические процессы в облаках, определить точное содержание малых компонентов, которые участвуют в реакциях, химические константы этих реакций и динамиче-



ские константы разнообразных физических процессов, контролирующих устойчивость, изменения структуры и состава облаков. Все эти задачи стоят

в числе первоочередных в дальнейших исследованиях планеты.

Мы видели, что в результате интенсивной дегазации недр образуется атмосфера преимущественно углекислого состава, как у Венеры и Марса, а не азотно-кислородного состава, как у Земли. Очевидно, решающее влияние на эволюцию атмо-

■ *Модель атмосферы Венеры и структуры облаков*

сферы Земли оказали процессы фотосинтеза, возникшие в протерозое около 2 млрд. лет назад. Но почему аналогичные изменения не произошли на Венере?

ВОДА НА ВЕНЕРЕ

По всей видимости, протопланетное вещество, аккумулировавшееся на орбитах Венеры и Земли (в пределах всего 0,3 а.е.), имело одинаковый состав. Но как же тогда объяснить различия в содержании на Земле и Венере инертных газов — самых надежных указателей хода планетной эволюции, не подверженных изменениям вследствие своей химической неактивности?

Весьма привлекательной нам кажется гипотеза гетерогенной аккумуляции планет. Она предполагает, что на завершающей стадии аккумуляции, после сформирования основной массы планет земной группы, на их поверхность выпадали метеориты различных классов, которые по-разному обогащены летучими элементами и, в частности, инертными газами. В этом случае можно объяснить, например, почему оказались различными измеренные изотопные отношения аргона на Земле, Венере и Марсе. На Венере отношение содержания радиогенного изотопа аргон-40, образующегося в результате радиоактивного распада в коре калия-40, к содержанию первичных изотопов аргон-36 и аргон-38 равно единице, в то время как на Земле это отношение в 300, а на Марсе даже в 3000 раз больше. Абсолютные же содержания аргона в атмосферах Земли и Венеры практически одинаковы. О чем это говорит?

Возможно, что степень дегазации вещества Венеры была выше, чем на Земле, поскольку аргон-40 выделяется медленнее, чем его первичные изотопы. Это означает, что основная масса летучих элементов перешла в атмосферу Венеры. Первичные изотопы аргона и ряд летучих элементов, захваченных на завершающей стадии аккумуляции, по-видимому, находятся в основном в венерианской атмосфере, в то время как на Марсе они заключены преимущественно в твер-

дых породах. К этому надо добавить, что отношение содержаний первичного аргона и криптона в атмосфере Венеры соответствует их содержанию в углистых хондритах (класса С III), а для Земли — их содержанию в обыкновенных хондритах (класса Н). Хондриты этих классов могли быть основным материалом на завершающей стадии аккумуляции Венеры и Земли. Тогда, допуская идентичность механизма высвобождения первичных изотопов аргона и водорода на Земле и учитывая, что в веществе углистых и обыкновенных хондритов содержится примерно одинаковое количество водорода, можно прийти к предположению о том, что за геологическую эпоху на обеих планетах выделилось примерно одинаковое количество воды.

Как известно, практически вся углекислота на Венере сосредоточена в атмосфере. Ее содержание составляет $4 \cdot 10^{23}$ г, чему соответствует давление атмосферы у поверхности около 90 атм. Почти столько же углекислоты содержится на Земле, но она заключена в карбонатах осадочных пород. Соотношение содержаний углекислоты в осадочных породах и атмосфере определяется карбонатно-силикатным взаимодействием в верхнем слое коры планеты и зависит от температуры. При необратимом повышении температуры в атмосферу Земли могли бы перейти «запертая» в осадочных породах углекислота (что создало бы давление около 70 атм) и вода океанов, объем которых эквивалентен давлению пара свыше 400 атм (!). Если на Венере действительно когда-то существовал аналогичный земному резервуар воды, то предстоит отыскать механизм и определить время, в течение которого происходила потеря воды. Ведь в современной атмосфере Венеры общее содержание водяного пара по крайней мере на три порядка меньше, чем на Земле, а воды на поверхности, конечно, нет — слишком высокая температура.

Но, может быть, существенно большее количество воды есть в коре Венеры? Известно, что запасы воды в земной коре могут быть сопоставимы с объемом гидросферы

($1\,370\,323\,000\text{ км}^3$). По оценке академика В. И. Вернадского, в земном слое глубиной до 16 км содержится $500\,000\,000\text{ км}^3$ воды; по другим оценкам, это число следует увеличить приблизительно вдвое. Более высокая, чем на Земле, температура поверхностного слоя коры Венеры не позволяет рассчитывать на аналогичные запасы воды, однако на глубине при температуре выше критической (374°C) много воды может находиться в состоянии газа. Если представить себе, что в отдаленной перспективе венерианский климат станет мягче, то на поверхности планеты могла бы появиться вода, если к тому же учесть ее вероятно большое содержание в мантии.

Другие мыслимые источники запасов воды в коре Венеры несравненно меньше. Как и на Земле, в венерианских породах может содержаться связанная, например кристаллизационная, и в меньшей степени волосная (капиллярная) вода. Ее обнаружение — одна из интересных задач будущих исследований планеты.

ПАЛЕОКЛИМАТ ВЕНЕРЫ

Расчеты подтверждают высказанное в 60-х годах академиком А. П. Виноградовым предположение о том, что даже небольшое изменение места планеты в Солнечной системе существенно влияет на тепловую эволюцию ее атмосферы и климат. Видимо, Земле очень «повезло», ибо окажись она всего на 10—15 млн. км ближе к Солнцу (на четверть расстояния между орбитами Земли и Венеры), привычные нам благоприятные климатические условия вряд ли бы возникли. В этом убеждает рассмотрение следующей модели.

Естественно допустить, что на самых ранних этапах эволюции интегральное сферическое альbedo планеты, лишенной атмосферы, мало отличалось от лунного (0,07). Равновесная температура при этих условиях должна была находиться вблизи температуры фазового перехода вода — лед. Поскольку в отгоняемых из недр газах содержатся водород и его соединения (прежде всего, аммиак), с образованием атмосферы произошло

небольшое повышение температуры за счет развития парникового эффекта. Это благоприятно сказалось на климате и обеспечило сохранение на поверхности выделявшейся из недр воды, которая сосредотачивалась в океанах.

На Венере при тех же начальных условиях ситуация, вероятно, была существенно иной. Ее равновесная температура при современном уровне светимости Солнца оказывается больше 50°C , а значит, вплоть до давления атмосферы порядка $0,2$ атм температура у поверхности выше температуры кипения воды. Поэтому в первоначально разреженной атмосфере Венеры (с давлением во много раз меньше «критического» $0,2$ атм) вода должна была выкипать, способствуя развитию мощного парникового эффекта и дальнейшему росту температуры на поверхности.

Естественно предположить, что потеря воды могла происходить за счет диссоциации молекул водяного пара солнечным ультрафиолетовым излучением. Образующийся водород мог «убегать» в космос, а кислород — взаимодействовать со свежим неокисленным материалом поверхностных пород, подводимым из глубины в результате интенсивной тектонической деятельности. Однако, чтобы согласовать такой ход тепловой эволюции атмосферы Венеры с данными наблюдений, необходимо допустить, что скорость «убегания» водорода была в миллион раз больше существующей. Такое допущение маловероятно, поэтому рассмотренную модель потери воды нужно считать лишь одной из интересных гипотез.

Прошедшее десятилетие обогатило планетную физику данными фундаментального значения. Неизмеримо

возросли уровень знаний о главных членах Солнечной системы и степень достоверности этих знаний, наметился принципиально новый подход к комплексному изучению всего многообразия наблюдаемых процессов и явлений, отысканию основных закономерностей, объясняющих природные особенности каждой из планет и их спутников. Много нового стало известно о Венере, постепенно утраченной ореол таинственной «планеты загадок». Тем не менее мы пока еще далеки от понимания природы Венеры и ее эволюции. Новые экспериментальные данные, их критическое сопоставление и анализ в рамках теоретических моделей открывают дальнейшие перспективы в чрезвычайно увлекательном и практически важном исследовании ближайшей соседки Земли.

НАБЛЮДЕНИЯ ПОКРЫТИЙ ЗВЕЗД АСТЕРОИДАМИ

В телескоп можно увидеть и измерить диаметры дисков всего нескольких самых крупных астероидов. Размеры остальных определяются косвенными методами, основанными на измерениях блеска, поляризации и теплового излучения астероидов, или с помощью спеклинтерферометрии, которой пока доступны лишь яркие объекты («Земля и Вселенная», 1980, № 2, с. 32—38. — *Ред.*). Непосредственно измерить размеры небольших астероидов можно, наблюдая покрытия ими звезд. Об этих, пока немногочисленных наблюдениях уже рассказывалось в «Земле и Вселенной» (1979, № 2, с. 26; № 6, с. 31. — *Ред.*).

В нашей стране такие наблюдения впервые удалось осуществить в 1979 году, когда через Казахстан и Среднюю Азию проходили полосы затмения звезд малыми планетами Немауза и Кибела. В ночь с 17 на 18 августа 1979 года астероид Немауза должен был закрыть звезду SAO 144417 8,6 звездной величины. Хотя расчетная полоса затмения звезды лежала севернее Алма-Аты, на обсерватории Астрофизического института АН КазССР были подготовлены фотозлектронные наблюдения на 60-сантиметровом телескопе. Элементы орбит малых планет и предвычисленные координаты известны с меньшей точностью, чем



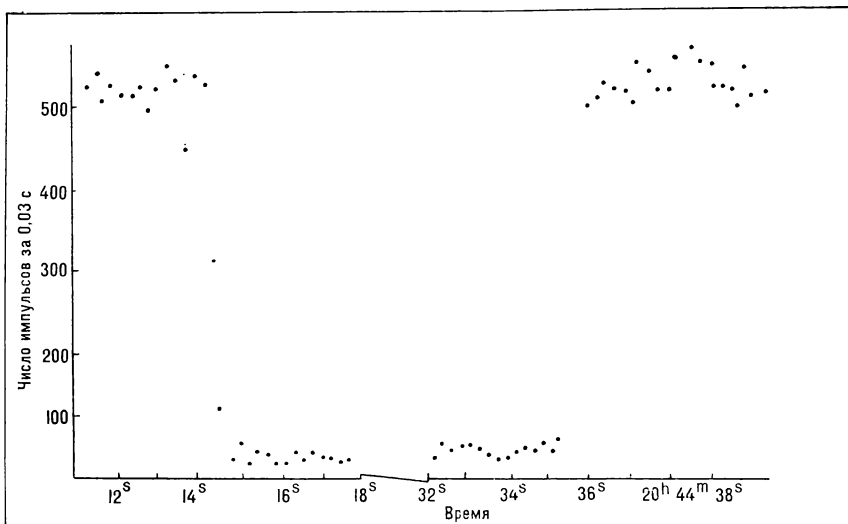
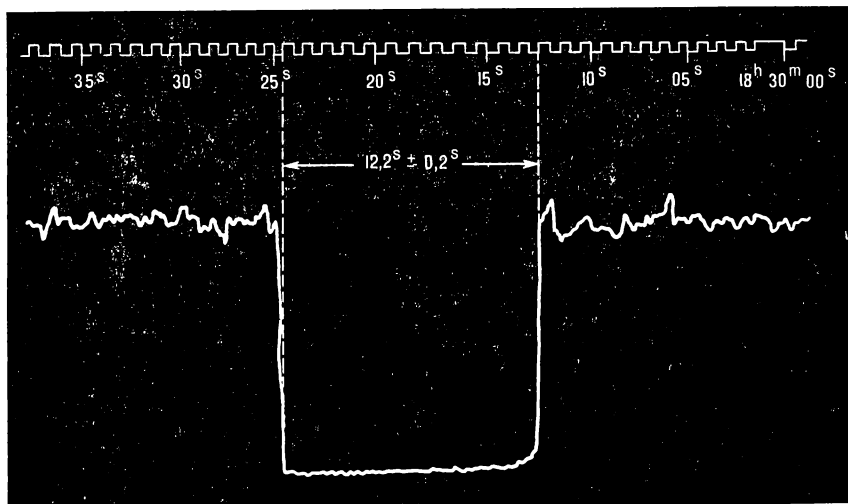
угловые размеры астероидов, поэтому можно было ожидать, что полоса затмения, ширина которой на земной поверхности равна или несколько больше диаметра малой планеты, будет несколько смещена от предвычисленной и Алма-Ата все-таки окажется в полосе затмения. Эти ожидания оправдались.

17 августа 1979 года в 18 часов 30 минут $12,5$ секунды Всемирного времени звезда «исчезла», что было зарегистрировано на ленте самописца электрофотометра и визуально (наблюдатель — В. Тейфель, регистраторы — Г. Харитонова и Ю. Егоров). Затмение длилось около $12,2$ секунды, после чего звезда вновь «появилась». Из эфемеридных данных нетрудно определить тангенциальную геоцентрическую скорость движения астероида ($10,4$ км/с) и величину сечения астероида — 126 ± 2 км. Согласно радиометрическим данным, диаметр Немаузы около 150 км, так что наблюдения покрытия не противоречат этой оценке.

Покрытие звезды астероидом Немауза наблюдалось в Душанбе в Институте астрофизики АН ТаджССР. Там продолжительность затмения составила $11,3$ секунды, что соответствует поперечнику астероида в 118 км. Алма-Ата и Душанбе оказались, по-видимому, почти симметрично расположенными по обе стороны от полосы затмения.

Как показывали ранние наблюдения покрытий звезд астероидами, у некоторых малых планет (а возможно, и многих) имеются небольшие и слабые спутники. Несмотря на непрерывные наблюдения до и после затмения, не было зарегистрировано вторичных затмений во время покрытия звезды Немаузой. По ровню два месяца спустя спутник был обнаружен у другого астероида — Кибелы, успешные наблюдения которого провели таджикские астрономы.

Полоса покрытия Кибелой звезды AGK3+19°599, имеющей $8,9$ звездную величину, в ночь с 17 на 18 октября 1979 года прошла через северную часть Таджикистана, но значительно южнее Алма-Аты. Таджикские астрономы под руководством Н. Киселева организовали две экспедиции в город Ура-Тюбе и в район перевала Шахристан, где проводились визуальные наблюдения покрытия в небольшие телескопы. В Душанбе затмение наблюдалось визуально и с помощью электрофотометра. На перевале Шахристан (наблюда-



тель — Ф. Тупиева) была отмечена максимальная длительность покрытия — 44,2 секунды, в Ура-Тюбе

Фотоэлектрическая регистрация покрытия Немаузой звезды SAO 144417 17 августа 1979 года в городе Алма-Ате. Затмение звезды длилось $12,2 \pm 0,2$ секунды

Фотоэлектрическая регистрация покрытия Кибелой звезды AGK3 +19°599 17 октября 1979 года в городе Душанбе. Затмение звезды продолжалось около 20 секунд

(наблюдатель — В. Рахимов) — 37,4 секунды, в Душанбе — 19,9 секунды. Наблюдавшееся максимальное сечение астероида равно 245 км, что не противоречит косвенной оценке его диаметра 309 км. В Ура-Тюбе через 2 минуты 24,6 секунды после основного затмения было зарегистрировано вторичное исчезновение звезды, длившееся около 1,9 секунды. Диаметр обнаруженного спутника Кибелы должен быть около 11 км, а расстояние его от главного тела — примерно 917 км.

По фотоэлектрическим наблюдениям в Душанбе (наблюдатель — Н. Киселев) блеск звезды перед исчезновением и появлением менялся постепенно: до полного затмения продолжительность падения блеска составила около 0,6 секунды, а воз-

растание блеска после затмения длилось около 0,4 секунды. Проводя визуальные наблюдения покрытия, С. Герасименко отметила резкое воз-растание блеска звезды перед затмением, следовавшее за плавным уменьшением блеска. Постепенное изменение блеска звезды можно объяснить частным затмением, если звезда имеет достаточно ощутимый угловой размер. Из наблюдения угловой диаметр звезды AGK3 +19°599 равен 0,0007". Не исключено также, что около главного тела астероида находятся близкие и мелкие обломки, которые и могли вызывать наблюдаемые эффекты.

Кандидат физико-математических наук
В. Г. ТЕЙФЕЛЬ
Ф. А. ТУПИЕВА

СЛАБОЕ ШАРОВОЕ СКОПЛЕНИЕ

Г.-Е. Шустер, изучая фотопластины, экспонировавшиеся на метровом телескопе системы Шмидта Европейской южной обсерватории в Чили, обнаружил в созвездии Эридаана компактный рой слабых звезд. Шустер классифицировал этот объект как далекое шаровое звездное скопление. Оно получило обозначение GCl 0422-213.

На 3,6-метровом телескопе Европейской южной обсерватории это скопление исследовали Р. Уэст и приглашенная работать в обсерваторию советский астроном Р. А. Бартая. Хотя ярчайшие звезды в скоплении имеют всего 19-ю фотографическую звездную величину, для трех из них удалось получить довольно детальные спектрограммы. Все три звезды оказались желтыми гигантами спектрального класса К с малым содержанием металлов. Чтобы звезды-гиганты скопления выглядели такими слабыми, скопление должно находиться на расстоянии примерно 83 000 пс (270 000 световых лет) — дальше, чем Магеллановы Облака. Поскольку радиальная скорость скопления невелика, оно должно быть гравитационно связано с нашей Галактикой и двигаться вокруг Галактики по вытянутой орбите.

Шаровое скопление в созвездии Эридаана — одно из самых слабых. Если бы оно находилось на таком же расстоянии, как звезда Бетельгейзе (300 световых лет), звезда затмила бы его своим блеском. Р. Уэст и Р. А. Бартая считают, что скопление в созвездии Эридаана содержит 40 000 звезд (видимых и невидимых нами), полная масса скопления оценивается в 20 000 солнечных. «Sky and Telescope», 1980, 59, 1.



В. М. ЛИПУНОВ
В. Г. СУРДИН

Загадка SS 433

ЧТО ПОКАЗАЛИ НАБЛЮДЕНИЯ?

Еще два года назад SS 433 (объект под номером 433 из списка, составленного Ц. Стефенсоном и Н. Сандулаком) была известна как источник оптического и радиоизлучения. Вблизи источника наблюдалась радиотуманность W 50 (объект под номером 50 из каталога радиоисточников Вестерлунга), напоминающая остатки вспышек сверхновых. В этой же области неба был зарегистрирован рентгеновский источник A 1909+04 (объект с координатами: прямое восхождение $19^{\text{h}}09^{\text{m}}$, склонение $+4^\circ$, открытый приборами спутника «Ариэль»).

Самое удивительное обнаружили «классические» астрономы. Ученых поразили вид нескольких спектрограмм, полученных американскими астрономами Б. Маргоном с коллегами («Земля и Вселенная», 1980, № 1, с. 22—23.—Ред.). Эмиссионный спектр объекта содержал в 3 раза больше линий водорода, чем полагается звезде: каждая линия водорода серии Бальмера (H_α , H_β , H_γ ...) имела двух «спутников» — один был сдвинут в красную, другой в синюю часть спектра. Ни одной линии поглощения (за исключением линий межзвездного поглощения) в спектре SS 433 не было.

В астрономии принято характеризовать смещение спектральных линий, вызванное движением излучающей области, не длиной волны (ангстремы), а скоростью движения (километры в секунду), так как это смещение обусловлено эффектом Доплера:

$$\frac{\Delta\lambda}{\lambda} = \frac{V_r}{c},$$

В 1979 году на многих обсерваториях мира велись наблюдения слабой звезды SS 433 в созвездии Орла. Чем удивила астрономов, «избалованных» пульсарами, квазарами, рентгеновскими источниками и гамма-вспышками, одна из сотен миллиардов звезд нашей Галактики!

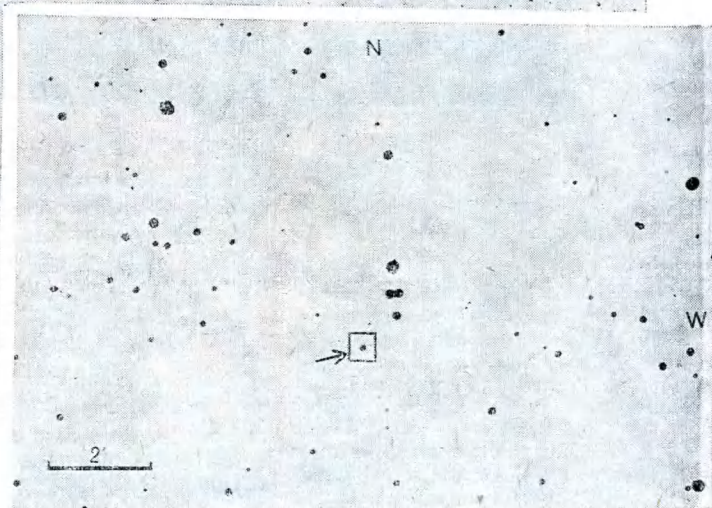
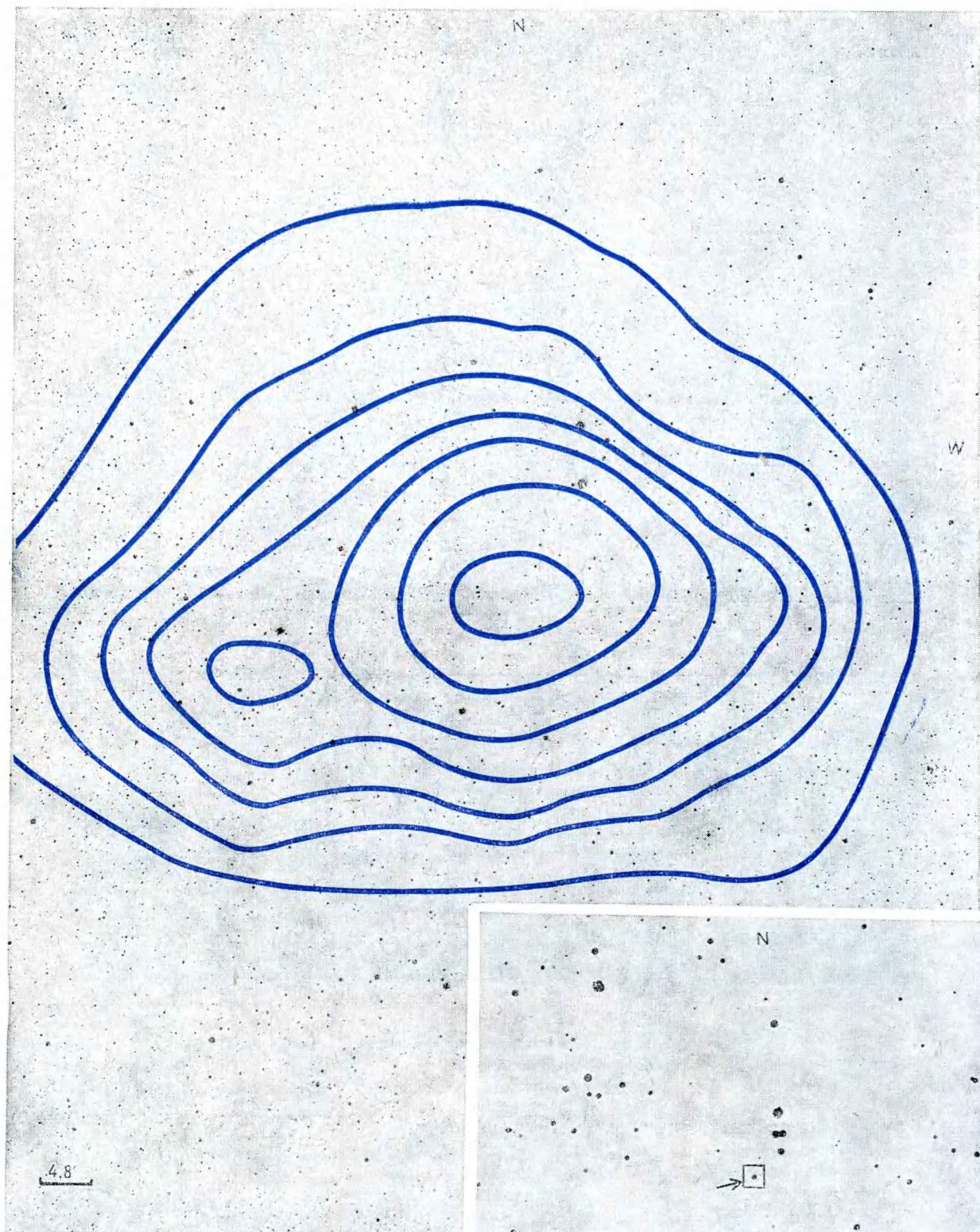
где λ — длина волны спектральной линии, c — скорость света, V_r — лучевая скорость источника относительно Земли. Если «средние» линии водорода (H_α , H_β , H_γ ...) практически не были смещены (меньше 200 км/с), то «красные» и «синие» компоненты оказались сдвинутыми на десятки тысяч километров в секунду! Столь же сильно смещенные спектральные линии найдены и у других химических элементов. Гигантские смещения спектральных линий наблюдаются и у квазаров, но у них все (!) линии сдвинуты в красную часть спектра. Что же это за объект, который одновременно «убегает» от нас, «приближается» к нам и «стоит» на месте?

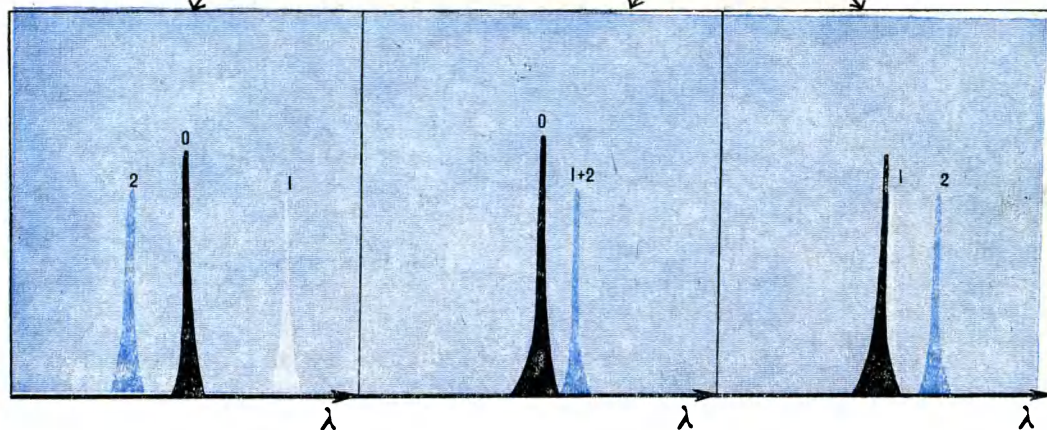
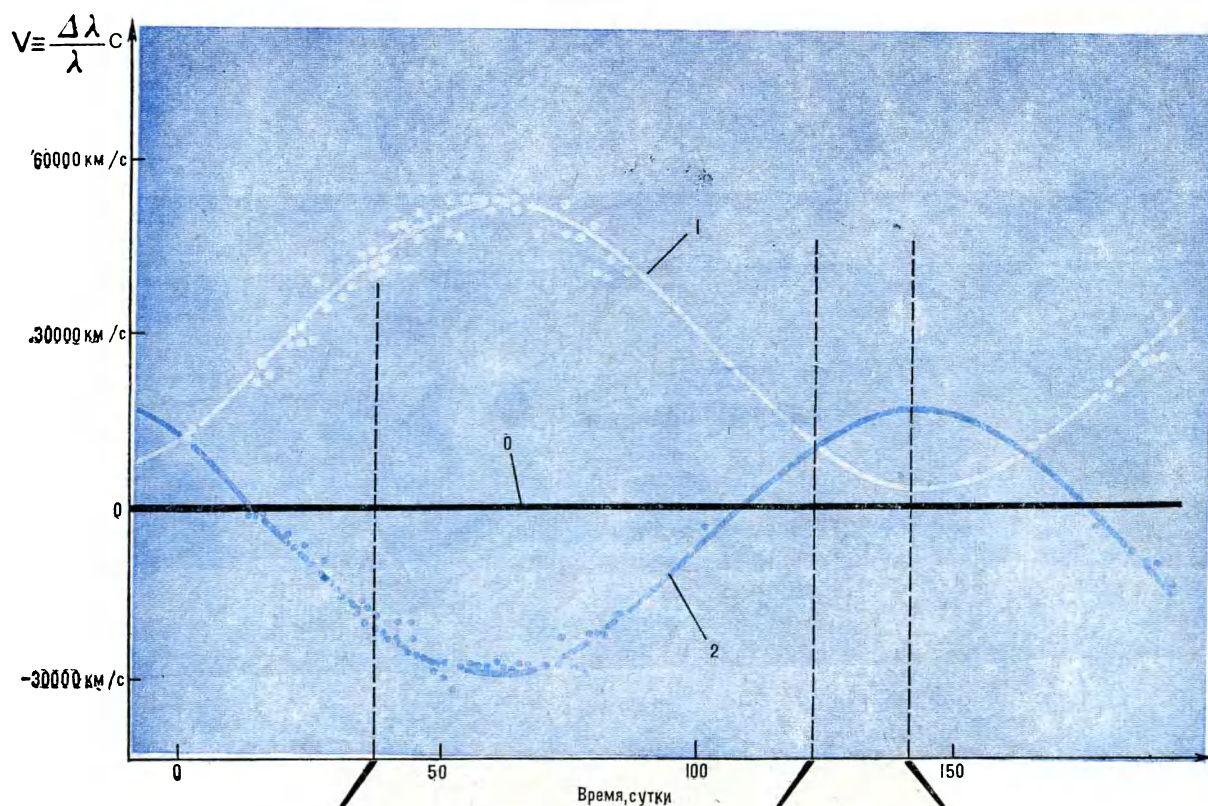
Еще одно удивительное открытие ожидало астрономов. Смещенные линии в спектре SS 433 поползли навстречу друг другу! За несколько дней сдвиг линий изменился на сотни километров в секунду. Ученые предположили, что «хождение» линий будет периодическим. Наблюдения в 1979 году подтвердили этот вывод — через 162 дня расположение линий в спектре повторилось.

Первое, что необходимо было понять: почему расщеплены линии? Из-

вестны три механизма, вызывающие сдвиг линий. Это — эффект Доплера, обусловленный движением источника, смещение линий в гравитационном поле и зеемановское расщепление линий в магнитном поле. Зеемановское расщепление линий было отвергнуто по двум причинам. Во-первых, магнитное поле породило бы сильную поляризацию света. Во-вторых, относительный сдвиг линий $\Delta\lambda/\lambda$ в магнитном поле зависит от длины волны линий и неодинаков для разных линий. Но ни круговой поляризации излучения, ни разного смещения линий, отличающихся длиной волны, обнаружить не удалось. Гравитационное смещение может сдвинуть линии только в красную часть спектра, но как тогда объяснить появление «синих» компонентов? Остается единственный механизм — доплеровское смещение линий. Приходится допустить, что в объекте SS 433 имеются три различные излучающие области. Первая практически неподвижна (точнее, она движется относительно Земли со скоростью меньше 200 км/с) и в ней образуются несмещенные спектральные линии. Две другие области движутся с гигантскими скоростями в противоположные стороны, причем направление их век-

■
Окрестности SS 433. Негатив получен В. П. Горанским на 50-сантиметровом рефлекторе Южной станции Государственного астрономического института имени П. К. Штернберга. На фотографию нанесены радиоизотопы источника W50 на частоте 178 МГц. Рядом — фотография ближайших окрестностей SS 433 (объект отмечен стрелкой)





Кривая лучевых скоростей, построенная по трем компонентам линии водорода H_{α} , наблюдаемым в SS 433 (сверху). Один из компонентов (обозначен 0) не испытывает смещений. Два других (1 и 2) смещаются в противофазе с периодом около 162 дней. Внизу показано расположение компонентов линии H_{α} на спектрограмме в различные моменты времени

тора скорости должно периодически (через 162 дня) меняться.

Кривая лучевых скоростей спектральных линий SS 433 имеет одну интересную особенность: в момент «встречи» движущихся линий они все равно смещены относительно неподвижного компонента. Казалось бы, это противоречит доплеровскому механизму смещения линий. Действительно, в момент «встречи» лучевая скорость должна равняться нулю и,

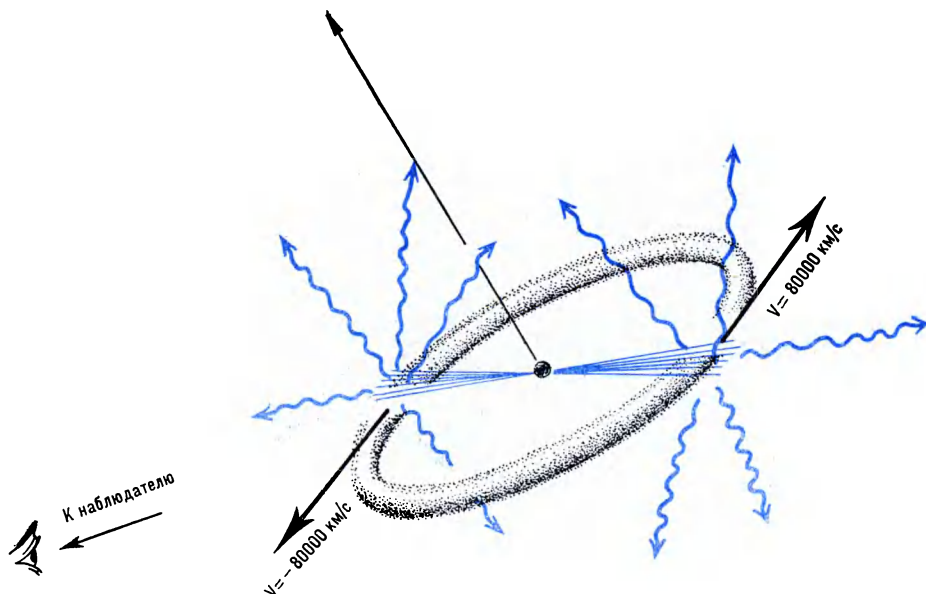
следовательно, место пересечения кривых лучевой скорости должно совпадать с положением неподвижного спектрального компонента. Но, как следует из специальной теории относительности, все процессы в движущемся объекте должны замедляться. Причем замедление зависит не от направления скорости объекта, а от ее абсолютной величины. Такое замедление вызывает увеличение периода колебаний электромагнитной

волны (увеличение длины волны), которую испускает движущийся объект. Это явление называется поперечным эффектом Доплера, поскольку длина волны увеличивается даже в том случае, если источник света движется поперек луча зрения. Поэтому точная формула для эффекта Доплера имеет вид:

$$\frac{\lambda_{\text{пр.}}}{\lambda_{\text{исп.}}} = \frac{1 + \frac{V_r}{c}}{\sqrt{1 - \frac{V^2}{c^2}}},$$

где $\lambda_{\text{пр.}}$ и $\lambda_{\text{исп.}}$, соответственно, длины волн света, принятого и испущенного движущимся источником, V_r — лучевая скорость источника, V — полная скорость движения излучающей области, c — скорость света. Таким образом, измерив длину волны линий в момент их «встречи» ($V_r=0$), можно найти полную скорость движения излучающих областей. (На практике не нужно ждать момента «встречи» линий. Достаточно найти среднее арифметическое от длин волн движущихся линий — это и будет местом «встречи» линий.) Скорость оказалась равной 80 000 км/с, или 0,27 с.

В оптическом спектре SS 433 кроме эмиссионных линий наблюдаются линии поглощения межзвездного вещества. По их интенсивности удалось оценить минимальное расстояние до SS 433 — 3,5 кпс. (До сих пор остается некоторая вероятность того, что SS 433 — внегалактический объект.) Это означает, что светимость объекта в оптическом диапазоне больше или порядка $8,7 \cdot 10^{36}$ эрг/с. Напомним, что светимость Солнца — $4 \cdot 10^{33}$ эрг/с. Полагая расстояние до SS 433 равным 3,5 кпс, удалось найти светимость излучающих областей, движущихся со скоростью 80 000 км/с. Она оказалась $4 \cdot 10^{34}$ эрг/с, то есть на порядок больше светимости Солнца. Вид спектра свидетельствует о том, что излучение в движущихся областях возникает вследствие рекомбинации атомов водорода. Температура газа, в котором идет процесс рекомбинации, не должна превышать 10^4 К. Размеры излучающих областей порядка 0,1 а.е. Кинетическая энергия субрелятивистского газа, переносимая им в 1 секунду, около 10^{38} — 10^{40} эрг/с.



Таким образом, на основе наблюдений вырисовывается следующая картина. В источнике SS 433 есть два противоположно направленных потока сравнительно холодного газа, движущегося с субрелятивистскими скоростями (кинетическая энергия газа в сотни миллионов раз больше его тепловой энергии). Неподвижный источник SS 433 по яркости в оптическом диапазоне значительно превосходит движущиеся.

Уже первые наблюдения показали, что излучение источника меняется за время порядка одного дня. Следовательно, размеры источника не более 10^{15} см (60 а.е.). Группа американских астрономов обнаружила 13-дневные периодические движения несмещенных линий водорода. Такие движения свидетельствуют о двойственности SS 433, предсказанной членом-

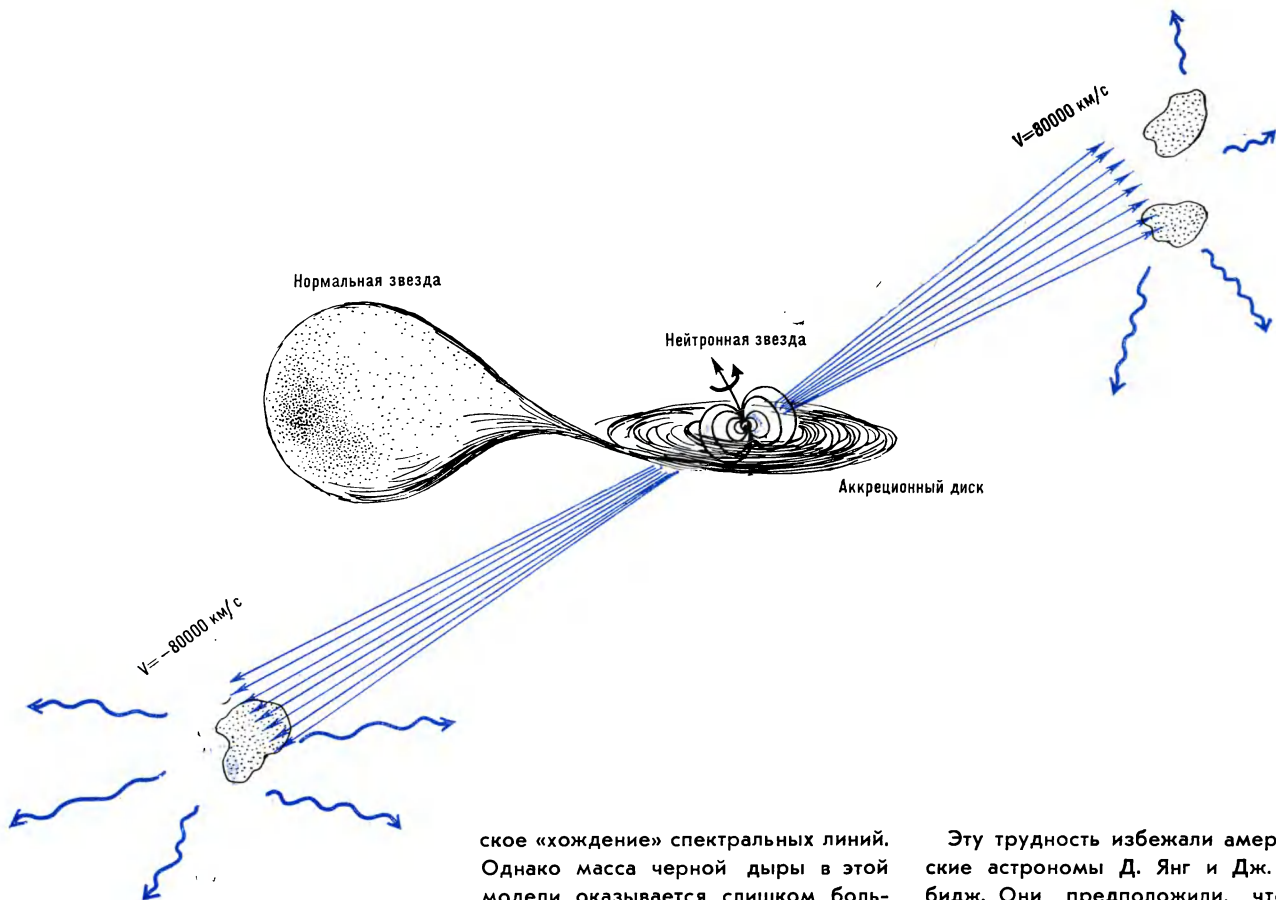
корреспондентом АН СССР И. С. Шкловским. Фотометрические наблюдения, проведенные в СССР и за рубежом, подтвердили существование 13-дневного периода. Вспышки блеска SS 433 продолжительностью несколько часов обнаружил А. С. Гладышев, наблюдавший объект на 60-сантиметровом телескопе Высокогорной среднеазиатской экспедиции Государственного астрономического института имени П. К. Штернберга.

МОДЕЛИ SS 433

Синусоидальный характер изменения лучевых скоростей свидетельствует, что излучающие области движутся в строго противоположных направлениях, причем это движение должно быть периодическим. Можно было бы предположить, что SS 433 — тройная звездная система, в которой масса одного компонента намного больше других. Период обращения менее массивных компонентов равен 162 дням. Тогда «хождение» линий по спектру было бы обусловлено орбитальным движением. Но такая модель совершенно неприемлема. Действительно, радиус орбиты этой тройной системы:

$R = 80\,000 \text{ км/с} \cdot 162 \text{ дня} / 2\pi = 1000 \text{ а.е.}$, что противоречит максимальному размеру источника. Масса тройной системы составит 10^{10} солнечных —

Модель SS 433, разработанная А. Амитай-Милчграбом и Дж. Шахамом. Центральный источник испускает два пучка ионизирующего излучения. Попадая на относительно холодное газовое кольцо, пучки создают в нем две горячие области. Поскольку вещество в горячих областях движется в противоположные стороны, то и спектральные линии расщепляются на «красный» и «синий» компоненты



величина, неприемлемая для звездного объекта.

Во всех гипотезах о природе SS 433, выдвинутых к настоящему времени, предполагается, что субрелятивистский газ либо движется в кольце или диске вокруг активного центрального объекта, либо выбрасывается из активного объекта двумя противоположно направленными узкими пучками.

Допустим, что массивная черная дыра окружена кольцом или диском из нейтрального водорода. Такой диск излучать не будет. Но если черная дыра генерирует два пучка излучения, направленных в противоположные стороны, причем эти пучки попадают в диск, то на нем появятся два горячих пятна. Именно эти пятна дают «красный» и «синий» компоненты спектральной линии водорода. Если допустить, что диск прецессирует, то есть изменяет плоскость своего вращения с периодом 162 дня, тогда можно объяснить периодиче-

ское «хождение» спектральных линий. Однако масса черной дыры в этой модели оказывается слишком большой — порядка $2 \cdot 10^7$ масс Солнца. Кроме того, не удастся объяснить 13-дневные периодические движения несмещенных линий водорода. Таким образом, модель газового кольца, предложенная А. Амитай-Милчграбом и Дж. Шахамом (Израиль), имеет несколько трудностей, и главная из них — слишком большая масса центрального тела. Ее находят из условия равенства первой космической скорости 80 000 км/с на расстоянии примерно 0,1 а. е. (минимальный размер излучающих областей).

■
Модель SS 433, предложенная И. С. Шкловским. В результате перетекания вещества с нормальной звезды вокруг нейтронной звезды образуется аккреционный диск. Магнитное поле быстро вращающейся нейтронной звезды, подобно гигантскому «пропеллеру», выбрасывает из диска две газовые струи. Ось вращения аккреционного диска прецессирует с периодом 162 дня, с тем же периодом меняется направление газовых струй

Эту трудность избежали американские астрономы Д. Янг и Дж. Бербидж. Они предположили, что SS 433 — двойная система, содержащая белый карлик с мощным магнитным полем. Излучающий газ увлекается магнитным полем быстро вращающегося белого карлика и разгоняется до субрелятивистских скоростей. Магнитное поле удерживает газ на круговой орбите, первая космическая скорость на которой значительно меньше 80 000 км/с. Прецессия белого карлика приводит к изменению лучевой скорости с периодом 162 дня.

Однако более убедительными сейчас кажутся модели, в которых газ выбрасывается двумя противоположно направленными потоками. Такие модели разрабатывают А. Фабиан и М. Рис (Англия), Дж. Эйбилл и Б. Маргон (США), И. С. Шкловский (СССР), М. Мильгрум (Израиль) и др.

Член-корреспондент АН СССР И. С. Шкловский предположил, что газ выбрасывается вследствие эффекта «пропеллера», действующего в тесной двойной системе («Земля и Вселенная», 1977, № 1, с. 29—35.—

Ред.). Один из компонентов системы — нейтронная звезда, обладающая сильным магнитным полем. Суть этого явления, впервые рассмотренного советскими астрофизиками А. Ф. Илларионовым и Р. А. Сюняевым, заключается в следующем. Вещество, перетекающее с нормальной звезды на нейтронную, взаимодействует с ее магнитным полем. На определенном расстоянии от нейтронной звезды магнитные силы равны силам тяготения. Если в этом месте линейная скорость вращения магнитного поля намного превосходит вторую космическую, то вещество будет выбрасываться из системы вращающимся магнитным полем. Чтобы такой режим действительно осуществился, нейтронная звезда должна очень быстро вращаться (с периодом меньше 0,01 секунды). Однако в этом процессе должно выделяться большое количество тепла — аккреционный поток, разогреваясь от ударов магнитными «лопастями», вероятно, будет растекаться по всем направлениям, в то время как наблюдения свидетельствуют об узконаправленном движении. Конечно, явление магнитного «пропеллера» недостаточно изучено и применимость его к SS 433 пока отвергнуть нельзя.

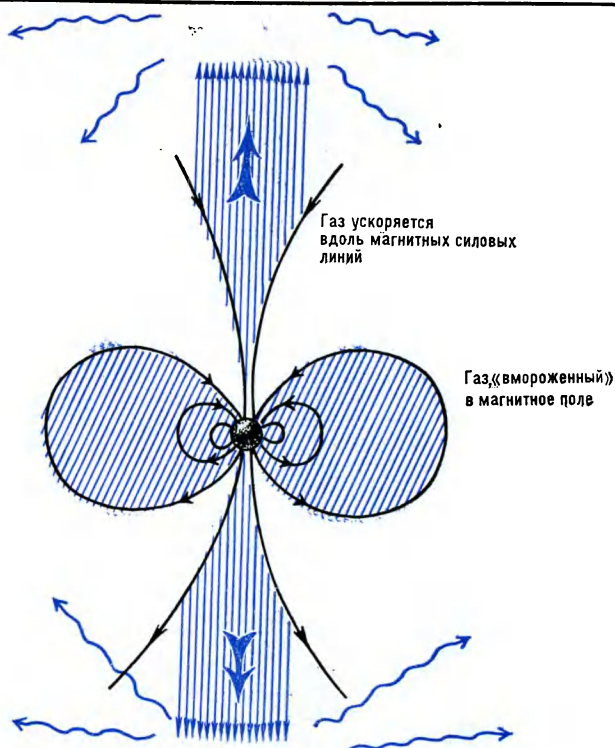
Развивая модель И. С. Шкловского, И. Д. Новиков с коллегами предположили, что нейтронная звезда в SS 433 находится на стадии выброса релятивистских частиц, подобно тому как это происходит у одиночных радиопульсаров. Потоки релятивистских частиц попадают в аккреционный диск и разгоняют его вещество до субрелятивистских скоростей. В рамках этой модели нашли объяснение вспышки SS 433, длящиеся несколько часов. С. А. Гладышев, Н. Е. Курочкин, И. Д. Новиков, А. М. Черепашук полагают, что вспышки возникают в тот момент, когда одна из «струй» релятивистских частиц взаимодействует с атмосферой нормальной звезды — спутником нейтронной звезды.

Другой механизм выброса газа из нейтронной звезды предложил М. Мильгрум. Он считает, что газ ускоряется давлением света, точнее давлением ультрафиолетовых кван-

тов, излучаемых нейтронной звездой. Ионизованный газ, вмороженный в магнитное поле, может двигаться только вдоль силовых линий. Если магнитное поле нейтронной звезды представляет собой диполь, то газ будет ускоряться вдоль магнитных полюсов, образуя две узконаправленные струи. Интересно, что гипотеза М. Мильгрума объясняет, почему газ движется со скоростью именно 80 000 км/с, а не с какой-либо другой.

Н. И. Шакура и один из авторов этой статьи (В. М. Липунов) отметили, что если газ ускоряется давлением света, то этот механизм действует и в двойных системах, не содержащих релятивистские звезды. В самом деле, сверхгигант массой в несколько десятков солнечных мог бы обеспечить нужное количество ультрафиолетовых квантов. Вращение

■ *Модель SS 433, разработанная М. Мильгрумом. Горячая нейтронная звезда обладает дипольным магнитным полем. Давление света, испускаемого звездой, разгоняет газ вдоль оси магнитного поля, так как поперек магнитных силовых линий ионизованный газ двигаться не может*



сверхгиганта вокруг оси с периодом 162 дня объяснило бы наблюдаемые перемещения спектральных линий. 13-дневный период можно было бы интерпретировать либо как период двойной системы, либо как период радиальных пульсаций сверхгиганта. Разумеется, и у этой модели есть свои трудности.

Одной из первых была высказана гипотеза, согласно которой SS 433 — черная дыра звездной массы. А. Фабриан и М. Рис предполагают, что вдоль оси вращения черной дыры в результате некоторого, пока еще не известного механизма выбрасываются два потока релятивистских частиц. Вдали от черной дыры имеются облака газа. Попадая в диаграмму направленности черной дыры, испускающей релятивистские частицы, облака начинают разгоняться. Черная дыра, подобно пушке, выстреливает в космос гигантские газовые снаряды.

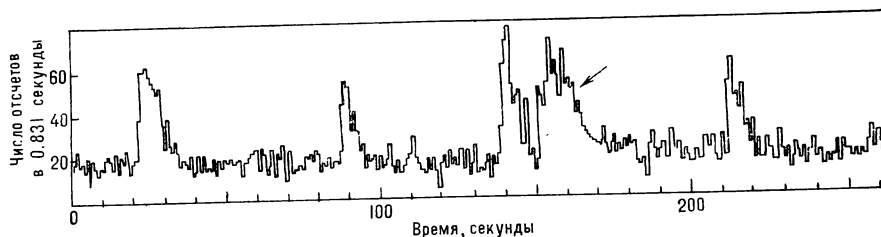
Мы рассказали о нескольких моделях SS 433. Ни одна из них пока не может объяснить всю необычность поведения этого уникального объекта. Дальнейшие наблюдения и теоретические разработки должны приблизить нас к разгадке природы SS 433.

ИНФРАКРАСНЫЕ ВСПЫШКИ БАРСТЕРА

В 1976 году в 5° от направления на центр Галактики приборы американского спутника SAS-3 обнаружили вспыхивающий рентгеновский источник, получивший обозначение МХВ 1730—335 (вспыхивающий рентгеновский источник с координатами: прямое восхождение 17^h30^m , склонение $33,5^\circ$, открытый группой Массачусетского технологического института). Поскольку источник лежит в плоскости Галактики, межзвездное поглощение света мешает обнаружить его в оптических лучах. Лишь на фотографиях, сделанных в инфракрасных лучах, которые меньше рассеиваются межзвездной пылью, чем видимый свет, удалось выявить в этом направлении шаровое звездное скопление. В скоплении, расположенном на расстоянии около 10 кпс, и находится рентгеновский источник.

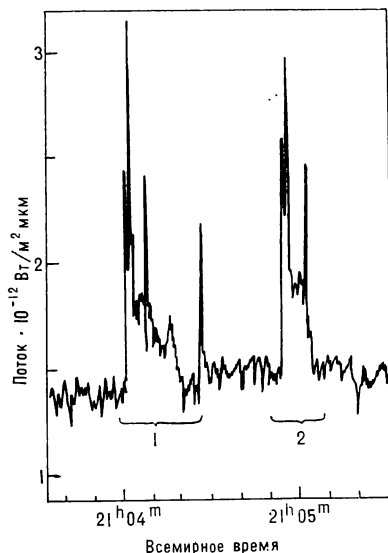
Источник МХВ 1730—335 — единственный «быстрый барстер» (от английского burst — вспышка). В Галактике открыто около 30 барстеров. У этих объектов на фоне стационарного рентгеновского излучения наблюдаются мощные вспышки длительностью в десятки секунд с периодичностью в несколько часов. И только у быстрого барстера рентгеновские вспышки происходят гораздо чаще — до 1000 вспышек ежедневно в период активности. Такие периоды длятся обычно 2—6 недель, а перерывы между ними составляют полгода. Каждая вспышка — это короткий всплеск рентгеновского излучения, поток которого нарастает примерно за секунду и вновь уменьшается за 20—30 секунд. В промежутках между вспышками рентгеновское излучение не регистрируется.

Общепринятая модель барстера — двойная система, один компонент которой нейтронная, другой — нормальная звезда. Вспышечный характер излучения объясняется нестационарностью газового потока, падающего на поверхность нейтронной звезды с соседней нормальной звезды. Достигая поверхности нейтронной звезды, газ разогревается в результате удара до $2 \cdot 10^7$ К, что и приводит к возникновению рентгеновского излучения. По-видимому, перед самым ударом о поверхность звезды непрерывный поток газа каким-то образом «нарезается на кусочки» (возможно, при взаимодействии с магнитным полем нейтронной звезды), поэтому и наблюдаются отдельные рентгеновские вспышки, промежутки между которыми составляет десятки секунд или минуты. В отличие от частых и коротких рентгеновских вспышек, раз в не-



сколько часов происходят более продолжительные (до 100 секунд) вспышки, связанные с внезапным разогревом поверхности нейтронной звезды. Это явление, как показывают расчеты, обусловлено термоядерным взрывом на поверхности нейтронной звезды. Если у нормальных звезд условия для термоядерного горения существуют лишь в центральных областях, то у нейтронных даже на поверхности газ сжат и нагрет настолько сильно, что возможны термоядерные реакции — было бы «горючее». Как раз такое «горючее» — газ, богатый водородом и гелием, падает на поверхность нейтронной звезды. Каждые несколько часов на ее поверхности накапливается критическая масса газа и происходит термоядерный взрыв, сжигающий очередную порцию топлива.

Таким образом, природа барстеров казалась в общих чертах ясной, но вот в апреле 1979 года группа индийских астрономов за 2,5 часа наземных наблюдений зарегистрировала от источника МХВ 1730—335



в инфракрасном диапазоне (1,6 мкм) шесть мощных вспышек. Это открытие было столь неожиданным, что требовалось подтвердить его. 8 августа 1979 года японский рентгеновский спутник «Nakuchō» («Лебедь») также обнаружил вспышки от МХВ 1730—335. Почти сразу же группа английских и испанских астрономов начала наблюдать источник в инфракрасном диапазоне (2,2 мкм) с по-

Рентгеновские вспышки МХВ 1730—335 в диапазоне энергий 1,3—12 кэВ, зарегистрированные с борта спутника SAS-3 в сентябре 1977 года. Четыре короткие вспышки следуют с определенной периодичностью. Продолжительная вспышка (отмечена стрелкой), связанная с термоядерным взрывом, происходит независимо от последовательности быстро повторяющихся вспышек («Nature», 1978, 271, 5646)

Две инфракрасные вспышки МХВ 1730—335, наблюдавшиеся 5 сентября 1979 года на волне 2,2 мкм

мощью 1,5-метрового телескопа, установленного в обсерватории на Канарских островах. Наблюдения проводились в течение четырех ночей и заняли в общей сложности 5 часов 15 минут. Лишь в первую ночь (5 сентября 1979 года) с интервалом в одну минуту были зарегистрированы две мощные вспышки такого же типа, как обнаруженные индийскими астрономами. Форма инфракрасных вспышек напоминает рентгеновские вспышки, которые ученые связывают с термоядерными взрывами на поверхности нейтронной звезды. Но есть и отличия. На фоне постепенного (около 20 секунд) спада блеска вспышки видны 3-4 ярких, чрезвычайно коротких (около секунды) всплеска.

В момент вспышки светимость источника в инфракрасном диапазоне примерно 10^{38} эрг/с. Такова же рентгеновская светимость источника в момент вспышки (кстати, пока не ясно, происходят ли эти вспышки одновременно). Если бы столь мощный инфракрасный поток был вызван излучением горячей поверхности нейтронной звезды, то ее температура должна быть невероятно высокой — $4 \cdot 10^{18}$ К! Следовательно, инфракрасное излучение источника МХВ 1730—335 имеет нетепловую природу.

В модели барстеров, о которой мы рассказывали, невозможно объяснить нетепловую природу инфракрасных вспышек. Индийские астрофизики предположили, что в момент вспышки синхротронное излучение электронов, движущихся в магнитном поле нейтронной звезды, усиливается подобно тому, как усиливается свет в лазере. Но это пока лишь гипотеза, для проверки которой необходимы длительные одновременные наблюдения МХВ 1730—335 в инфракрасном и рентгеновском диапазонах.

«Nature». 1980, 283, 5747.

УПУЩЕННАЯ ВОЗМОЖНОСТЬ

Известно, что определить расстояние до звезд и подтвердить истинность обращения Земли вокруг Солнца можно было, измерив их годичный параллакс («Земля и Вселенная», 1973, № 3, с. 50—53. — *Ред.*). В XVII и XVIII веках неудачи с обнаружением периодического смещения звезд объяснялись низкой точностью измерений. Впервые расстояния до ближайших звезд были определены по годичным параллаксам в 1838 году. Эти расстояния мог бы определить на 120 лет раньше Э. Галлей, но он упустил такую возможность.

В 1718 году Галлей сравнил современные ему положения на небе трех ярких звезд (по одним данным, это были Сириус, Арктур и Прокцион, по другим — Сириус, Арктур и Альдебаран) с положениями, определенными Птолемеем, Гиппархом, Тимохарисом, а для Сириуса и Тихо Браге. «Все три звезды, — пишет А. Паннекук в «Истории астрономии» (М., «Наука», 1966, с. 305), — должны были находиться на $0,5^\circ$ южнее, чем это следовало из данных античных наблюдателей». Далее Паннекук цитирует Галлея: «Что мы должны об этом сказать? Едва ли можно поверить тому, что древние ошиблись при решении столь простой задачи, причем все три наблюдателя подтверждают друг друга. С другой стороны, эти звезды, являясь самыми заметными на небе, по всей вероятности, наиболее близки к Земле; а если они имеют особое собственное движение, то это — наиболее подходящий случай для того, чтобы его заметить...». Как видим, Галлей не только установил факт углового перемещения звезд на небе, но он не сомневался и в том, что звезды находятся в пространстве, а не на одном для всех «небе неподвижных звезд». Но Галлею не пришлось в голову сопоставить угловое перемещение звезд с их линейным перемещением в пространстве за то же время. А сравнение одного с другим позволило бы узнать расстояния до этих звезд. Конечно, Галлей понимал, что видимое угловое перемещение звезд отражает лишь тангенциальную скорость их движения.

Правда, Галлей не знал еще ничего о скоростях движения звезд в пространстве. Он мог бы рассуждать примерно так. Известны только линейные скорости движения планет. Полувеком раньше надежно измерены радиус Земли и расстояние ее от Солнца. Планеты, расположенные ближе к Солнцу, движутся быстрее, дальше — медленнее. Земля находится примерно посередине Солнечной системы, и скорость ее — некоторая промежуточная. Предположим, что такова же (30 км/с) и тангенциальная скорость звезд.

По современным данным, собственные движения Сириуса, Прокциона, Арктура и Альдебарана, соответственно, равны: $1,32''$, $1,25''$, $2,28''$ и $0,20''$ (по-видимому, Альдебаран указан в списке звезд Галлея ошибочно). Движение, определенное Галлеем в $0,5^\circ$ ($1800''$), примерно за 1800 лет дает собственные движения около $1''$ в год, то есть близко к действительному. Пути, пройденные Сириусом и Прокционом за год со скоростью 30 км/с и в обоих случаях видимые под углом $1''$, составили

$9 \cdot 10^8$ км = 6 а.е. Отрезок, равный 6 а.е., виден под углом $1''$ с расстояния 6 пс. Истинные расстояния Сириуса и Прокциона 2,7 и 3,5 пс, соответственно. Но подобное расстояние не должно нас смущать. В. Струве, впервые измеривший параллакс Веги, зависил его вдвое против истинного. В те же годы В. Струве и Ф. Бессель независимо определили параллакс звезды 1830 Грумбриджа, которые различались в 5 раз. Истинный параллакс был посередине...

Профессор

В. А. ВОРОНЦОВ-ВЕЛЬЯМИНОВ

МЕДЛЕННЫЙ УДАРНЫЙ СЛОЙ

Л. В. Евдокимова, К. Г. Иванов и Я. И. Фельдштейн (Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн АН СССР) проанализировали магнитные данные, полученные на американских космических аппаратах «Эксплорер-33 и -35» в мае — июне 1968 года во время серии солнечных вспышек. Они обнаружили сильный разрыв магнитного поля, вызвавший магнитную бурю с внезапным началом и сопровождавшийся резким уменьшением поля. Этот разрыв можно было интерпретировать только как медленный магнитозвуковой ударный слой в потоке, образующемся в межпланетном пространстве после солнечной вспышки.

По-видимому, это — относительно редкое явление (ни в лаборатории, ни в космической плазме такой слой до сих пор с определенностью не наблюдали, его удалось смоделировать лишь в машинном эксперименте). В 1966 году по аналогичным данным выявили лишь быстрые магнитозвуковые ударные слои. Поскольку лабораторное и машинное моделирование медленных магнитозвуковых ударных слоев осуществить очень трудно, то важным источником информации об этих магнитогидродинамических явлениях остается межпланетная среда. «Геомагнетизм и аэрономия», 1980, 1.





Источник атмосферных движений

ТЕПЛОВАЯ МАШИНА ЗЕМЛИ

Принцип работы тепловой машины, как известно, состоит в том, что она берет тепло от одних тел и передает его другим в виде механической работы. Для превращения тепла в работу необходимо иметь два различно нагретых тела — **нагреватель** и **холодильник**, а также **рабочее тело**, которое совершает механическую работу. Коэффициент полезного действия (КПД) тепловой машины зависит от температуры нагревателя и холодильника, и даже в идеальной машине не может быть больше частного от деления разности температур нагревателя и холодильника на температуру нагревателя (при расчете КПД используются абсолютные температуры, а не шкала Цельсия).

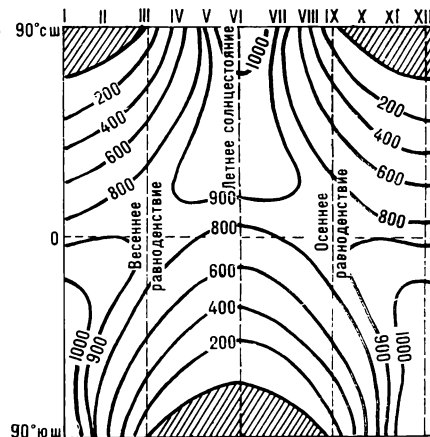
Земная атмосфера — это тоже своеобразная тепловая машина. При передаче тепловой энергии от Солнца (нагреватель) в космическое пространство (холодильник) она вместе с океанами играет роль рабочего тела. Казалось бы, КПД атмосферной тепловой машины должен быть довольно высоким, ведь температура космического пространства близка к абсолютному нулю. Он приближался бы к единице, если бы энергия излучения Солнца, поглощаемая Землей, передавалась в космос в виде механической работы. На самом же деле она передается в виде теплового излучения и работа атмосферной машины, как мы увидим позднее, определяется не перепадом температуры между земной поверхностью и космосом, а **перепадом температуры между экватором и полюсом Земли**.

Проследим, как меняется, напри-

Как устроена и насколько экономична тепловая машина Земли! Откуда черпают свою энергию планетарные атмосферные волны, циклоны и антициклоны! Понять это можно, проследив судьбу солнечных лучей в атмосфере и на поверхности Земли.

мер, зимой **инсоляция**, или поток солнечного тепла, от Северного полюса к Южному. В область, прилегающую к Северному полюсу, солнечные лучи не попадают. Но благодаря атмосферной циркуляции и запасенному летом теплу температура здесь не так низка, как в космическом пространстве. Южнее полярного круга Солнце стоит низко над горизонтом и его косо падающие лучи очень слабо греют землю. Чем дальше на юг, тем отвеснее солнечные лучи и тем больше приходит тепла к поверхности. Только вблизи Южного полюса угол падения лучей снова уменьшается, но зато там полярный день — Солнце светит круглые сутки и приход тепла не меньше, чем на экваторе.

А как меняется температура вдоль меридиана? Если бы Земля целиком была покрыта сушей, то ее температура зависела бы в основном от инсоляции. Суточные колебания температуры в степях средних широт достигали бы 30—40°, а в тропических пустынях даже 70—80°. Прогнозировать ветры было бы чрезвычайно просто: утром ветер восточный (дующий с востока, где уже день, и потому теплее и давление выше), вечером запад-



ный (дующий с запада, где все еще день), в полдень и полночь — затишье.

В действительности же земная атмосфера обладает значительной **теплемкостью**, и для того, чтобы изменилась средняя температура атмосферы, нужно некоторое время. Перестройка температурного поля при изменении инсоляции, достаточном для поворота направления ветра, происходит не за часы, а за недели. Следовательно, суточное вращение Земли не может вызвать резкую смену ветров и общая циркуляция атмосферы определяется распределением инсоляции вдоль меридиана. Если бы температура поверхности Земли зависела только от сезонного хода ин-

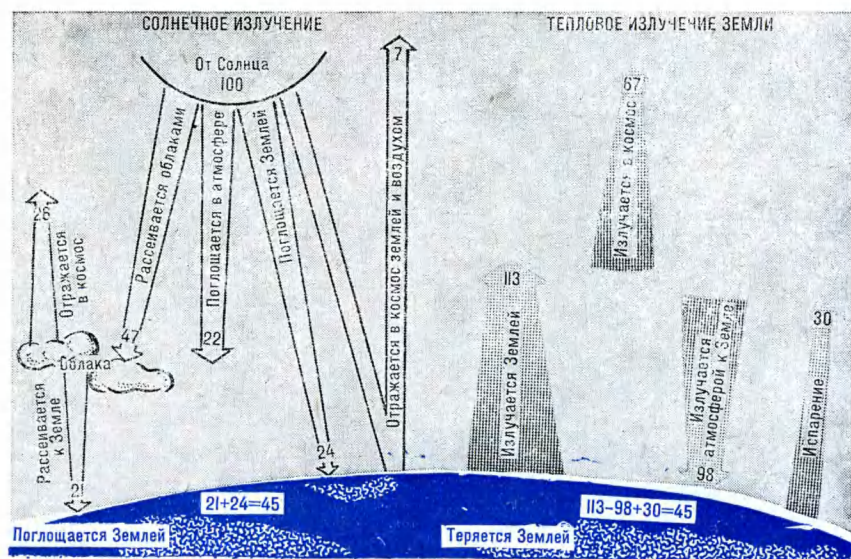
Распределение инсоляции в зависимости от широты и времени года. Числа на изолиниях — величина инсоляции в кал/см²·сут. Заштрихованы области полярной ночи. Летом максимальное количество солнечного излучения приходит в район Северного полюса, зимой — в район Южного

соляции, то зимой в северном полушарии температура быстро убывала бы к полюсу, а в южном оставалась бы примерно постоянной. Но тут возникает противоречие. Известно, что Антарктида и Бразилия зимой получают примерно поровну солнечного тепла, но Антарктида всегда покрыта льдом, а в Бразилии тепло. В чем же дело?

Оказывается, на характер распределения температуры сильно влияет океан, занимающий около двух третей площади нашей планеты. Теплоемкость его огромна, а температура мало изменяется не только за сутки, но и в течение года. Таким образом, чтобы представить себе, как распределены (от одного полюса к другому) среднеширотные температуры земной поверхности, нужно знать величину не зимней и летней, а **среднегодовой инсоляции**. Она убывает почти одинаково от экватора к обоим полюсам, так же убывает и среднеширотная температура, рассчитанная с учетом влияния океана. Летом это происходит медленнее, зимой — быстрее.

Теперь становится понятным, что в реальных условиях Земли нагревателем для атмосферной тепловой машины в среднем за год будут тропики, а холодильником — полярные районы. Понятно также, почему в летнем полушарии атмосферные движения слабее, хотя оно получает больше солнечной энергии, чем зимнее. Разность температур между экватором и полюсом здесь меньше. Расчеты показывают, что в зимнем полушарии кинетическая энергия атмосферы примерно вдвое больше, чем в летнем.

Максимально возможный КПД атмосферной тепловой машины зимой 20%, летом 7%, в среднем за год 13%. Однако, если сравнить мощность источника всех атмосферных движений — солнечного тепла — с мощностью самих движений, то оказывается, что КПД реальной атмосферной машины еще меньше — всего около 2%. Современные двигатели внутреннего сгорания реализуют, по крайней мере, половину максимально возможного КПД. Так что атмосфера намного менее экономична, чем, например, автомобильный двигатель.



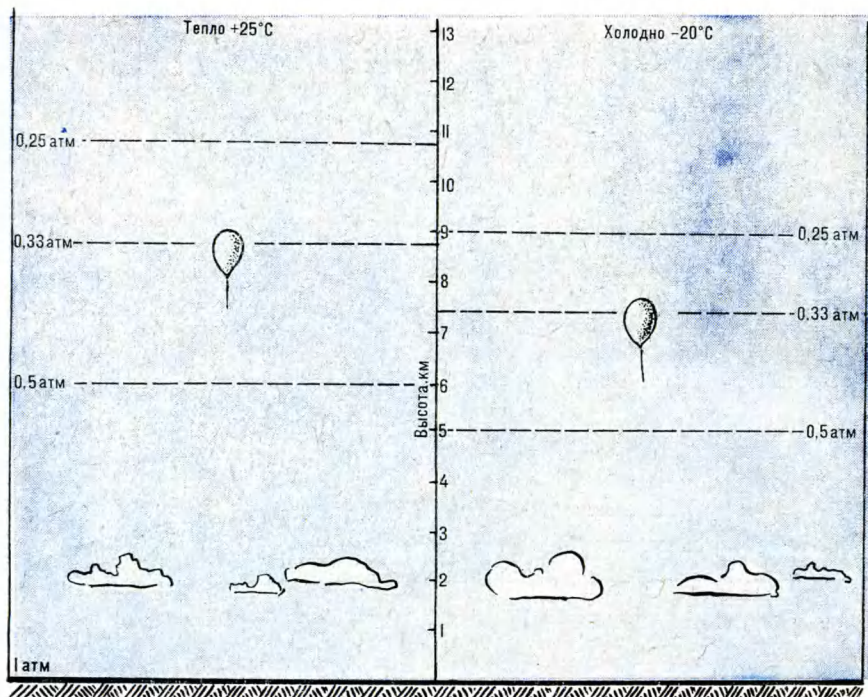
СУДЬБА СОЛНЕЧНЫХ ЛУЧЕЙ

Солнечная постоянная, то есть поток излучения через перпендикулярную к лучам площадку, на верхней границе земной атмосферы составляет $2 \text{ кал/см}^2 \cdot \text{мин}$ (1360 Вт/м^2). Земля «перехватывает» солнечные лучи на площади ее максимального сечения — круга. А поскольку площадь поверхности шара вчетверо больше площади круга того же радиуса, то на каждый сантиметр земной поверхности приходится в среднем только $0,5 \text{ кал/мин}$. Примерно треть этой величины отражается в космическое пространство, половина поглощается поверхностью, остальное — атмосферой. 3% всего падающего на верхнюю границу атмосферы солнечного излучения, приходящегося на ультрафиолетовые лучи, почти полностью поглощаются слоем озона («Земля и Вселенная», 1979, № 2, с. 32—35. — Ред.). В конечном итоге на тропосферу, где происходят основные атмосферные движения, солнечного тепла приходится около $0,1 \text{ кал/см}^2 \cdot \text{мин}$.

Приход и расход тепла в атмосфере и на поверхности Земли

Если бы Земля только поглощала солнечную энергию, температура ее непрерывно бы росла. Для поддержания постоянной температуры необходимо, чтобы Земля излучала в космос столько же тепла, сколько получает от Солнца. Так оно в действительности и происходит, правда, **баланс** солнечного и земного теплового излучения осуществляется для **всей Земли в целом**. В тропиках Земля больше получает тепла, чем теряет, в полярных же областях наоборот, а перенос тепла из низких широт к высоким происходит за счет общей циркуляции атмосферы и океанических течений («Земля и Вселенная», 1978, № 1, с. 37—43. — Ред.).

Не будь атмосферы, средняя температура у Земли составляла бы около 250 К, но такая температура бывает лишь зимой, да и то в полярных зонах. Обычно она выше и достигает 280 К. Значит, атмосфера согревает земную поверхность. Основные атмосферные газы (азот и кислород) практически беспрепятственно пропускают и солнечное и тепловое излучение. Поглощают лишь примеси, в основном водяной пар и углекислый газ, причем излучение поверхности они поглощают значительно сильнее, чем солнечные лучи. Нагретая таким образом атмосфера излучает тепло



как в космос, так и к поверхности Земли. Чтобы сохранить общий баланс энергии, поверхность должна отдавать тепла больше, чем получает в виде солнечного излучения, и иметь температуру выше, чем в случае отсутствия атмосферы. В этом и состоит «парниковый» эффект атмосферы, повышающий среднюю температуру Земли до 280 К.

В формировании температуры поверхности Земли огромную роль играет **облачность**. Большая доля солнечной энергии, приходящей к суше и океану, не нагревает их, а тратится на испарение. Поднимаясь в атмосферу, часть водяного пара конденсируется в облака, выделяя накопленное при испарении тепло. Представим себе, что количество облаков по какой-то причине уменьшилось. Тогда возрастет приток солнечной энергии к поверхности океана и усилится ис-

парение. Содержание водяного пара в атмосфере увеличится и снова возрастет количество облаков. Облачность, таким образом, служит регулятором обратной связи в системе атмосфера — подстилающий слой, и благодаря такому регулятору в этой системе могут возникать автоколебания температуры с периодом в несколько месяцев. Вообще, круговорот воды на Земле — основной процесс, регулирующий температуру поверхности.

Чем теплее воздух, тем больше в нем может содержаться водяного пара, тем больше в атмосфере «застревает» теплового излучения и тем теплее поверхность Земли. Облака поглощают излучение сильнее, чем водяной пар, но они в то же время и отражают больше половины падающих на них солнечных лучей. В этих двух свойствах облачности кроется причина того, что ночью при наличии облаков теплее, а днем — прохладнее. Так, влага, составляющая лишь десятые доли процента воздуха, оказывается для температурного режима Земли важнее, чем все остальные компоненты атмосферы.

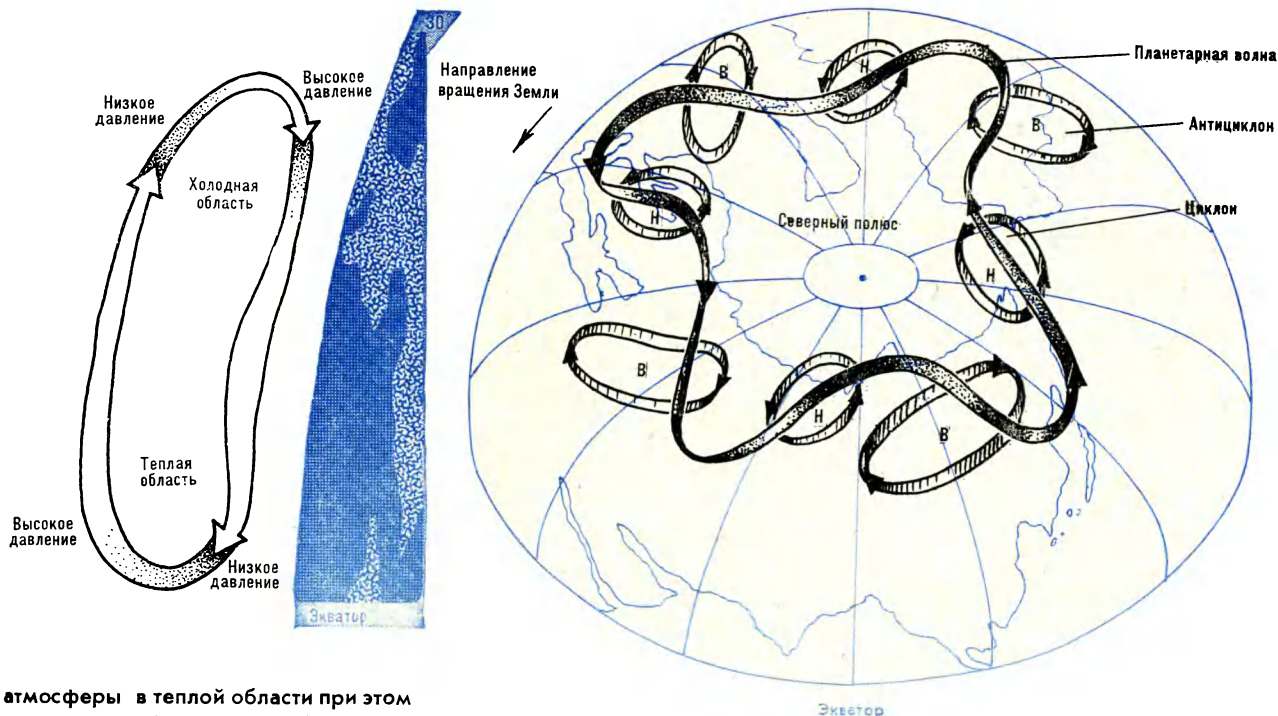
ОТКУДА ДУЕТ ВЕТЕР?

Неравномерный нагрев земной поверхности создает перепады давления, которые вызывают атмосферные движения или **ветры**. Известна особенность ветра — его изменчивость от часа к часу, от дня ко дню, от места к месту. Именно с этой особенностью связаны трудности прогноза погоды. Рассмотрим **планетарные ветры**, которые отражают движения атмосферы, усредненные за много дней или даже недель по территориям, сравнимым с континентами. Такие ветры, называемые иначе **общей циркуляцией атмосферы**, тесно связаны с **переменными ветрами**. Описание последних возможно лишь с помощью самых мощных ЭВМ, основные же черты общей циркуляции атмосферы удастся понять и без громоздких вычислений.

Любой газ, в том числе и воздух, стремится выравнять давление во всем занимаемом им объеме. У поверхности Земли атмосферное давление меняется мало, тогда как в толще атмосферы на одной и той же высоте относительные перепады давления от точки к точке могут быть весьма велики. Они-то и вызывают сильные ветры, которые стремятся выравнять давление по горизонтали во всех слоях. Как же действуют силы давления на атмосферу, в которой есть нагретая и холодная области?

В холодной атмосфере давление убывает с высотой быстрее, чем в теплой. Поэтому на некотором уровне давление над нагретой поверхностью выше, чем над холодной. С ростом высоты разность давлений увеличивается и возникает поток воздуха из теплой области в холодную. Но чтобы сохранилось равновесие, поток воздуха, входящий в холодную область, должен компенсироваться выходящим из нее потоком. Иногда такого равновесия нет. Это, например, бывает, если теплая (тропическая) и холодная (полярная) области занимают всю атмосферу. Тогда в теплой области масса воздуха в верхней части будет уменьшаться, а чтобы потери компенсировались, снизу начнет поступать воздух — возникнет **восходящий поток**. Общее давление

Зависимость давления от температуры воздуха. В холодной воздушной массе давление убывает с высотой быстрее, чем в теплой



атмосферы в теплой области при этом уменьшается. В холодной области, напротив, возникают **нисходящие потоки**, а общее давление растет. В результате давление у поверхности в холодной области оказывается выше, чем в теплой, и начинается обратное приповерхностное движение воздуха к нагретой области. Такой вид циркуляции с замкнутыми траекториями воздушных масс называют **ячейкой Хэдли** по имени английского ученого, который еще в XVIII веке предположил, что она существует в земной атмосфере. Модель ячейки Хэдли можно наблюдать в прозрачной кастрюле с крупой, подогревая ее с одной стороны.

Вследствие разности температур, между низкими и высокими широтами Земли возникает перепад давления и во всей атмосфере по обе стороны от экватора должны были бы образовываться две зеркальные ячейки Хэдли. Но если сделать меридиональный «разрез» осредненных движений атмосферы, едва ли можно

увидеть такую картину. Оказывается, в каждом полушарии ячейка Хэдли существует только в тропической зоне (не дальше 30° северной или южной широты). В средних широтах осредненное движение похоже на ячейку с обратным направлением циркуляции: в северной части — подъем, в южной — опускание, приземный поток направлен к полюсу, в толще атмосферы — к экватору. Среднеширотная **обратная ячейка** занимает область между 30 и 60°. В полярных районах картина ветров вдоль меридиана менее регулярна. Если бы обратная ячейка простиралась в высокие широты, то в самой холодной части атмосферы был бы восходящий поток, чего, конечно, не наблюдается. Теоретически в высоких широтах может быть еще одна, **третья ячейка общей циркуляции**, направленная так же, как и экваториальная, но этот вопрос пока остается спорным.

На характеристики ветра оказывает влияние вращение Земли вокруг оси. Частица воздуха, двигаясь к полюсу, приближается к оси вращения, а двигаясь к экватору, удаляется от нее. На такую частицу действует сила Кориолиса. В северном полушарии

она отклоняет движущуюся вдоль меридиана частицу вправо, в южном полушарии — влево. Траектория частицы будет изменяться, пока сила Кориолиса не уравнивает силы давления, а это произойдет, когда частица начнет двигаться вдоль изобар (линий одинакового давления). Поскольку перепад давления носит в основном меридиональный характер, то изобары близки к кругам широт, и становится ясно, почему планетарные потоки имеют преимущественно **западно-восточное направление**.

В ячейке Хэдли основная толща атмосферы должна двигаться к полюсу, но благодаря земному вращению она отклоняется к востоку и не только не отстает от вращающейся Земли, но даже опережает ее. Скорость западного переноса растет с высотой. В нижних слоях прямой ячейки преобладают восточные ветры, в обратной ячейке — западные.

Прямая термическая циркуляция (ячейка Хэдли). Воздушный поток направлен от области высокого давления к области пониженного

Схема атмосферных ветров и планетарных волн. Волнообразный поток возникает в верхней тропосфере, а связанные с ним циклоны и антициклоны — в нижней



ПЛАНЕТАРНЫЕ ВОЛНЫ И ВИХРИ

Движение воздуха вдоль круга широт — это не окончательный итог неравномерного нагрева земной поверхности Солнцем. Планетарные воздушные потоки чутко реагируют на внешние возмущения, например, на неоднородность подстилающей поверхности и распределение облачности. В результате в атмосфере возникают огромные вихри — **циклоны и антициклоны** и волнообразные движе-

ния с масштабами в тысячи километров. Воздушная масса в антициклоне северного полушария вращается по часовой стрелке, в циклоне — против. Двигаясь в атмосферном вихре по замкнутой траектории, частица воздуха вместе со всей атмосферой участвует во вращении вокруг земной оси. **Сумма завихренности воздушной массы** вокруг оси циклона и антициклона и вокруг земной оси (абсолютный вихрь скорости) **сохраняется постоянной**. Допустим, что под влиянием термического или механического воздействия воздушная масса, участвующая в восточном переносе, отклонилась на юг. А так как при движении к экватору планетарная завихренность уменьшается, то для сохранения абсолютного вихря воздушная масса начинает участвовать во вращении относительно поверхности Земли. Так возникает движение воздуха против часовой стрелки — рождается циклон. Когда же движущийся на запад поток отклоняется к северу,

воздушная масса закручивается по часовой стрелке — рождается антициклон. Если к северу отклоняется масса, движущаяся на восток, то она начинает участвовать в положительном (против часовой стрелки) циклоническом вращении. К тому же при движении к северу возрастает и планетарная завихренность. В итоге должен увеличиться абсолютный вихрь, но так как этого произойти не может, то воздушная масса возвращается в основной поток, проходит положение равновесия, отклоняется к югу, затем снова возвращается к равновесию. Таким образом возникают волнообразные движения, или планетарные волны длиной до 10 000 км. В средних широтах, где они возникают, вокруг Земли укладывается несколько таких волн. Планетарные волны чаще существуют в толще атмосферы, вблизи уровня моря они могут иметь вид циклонов и антициклонов.

РАДОН В ПРИЗЕМНОЙ АТМОСФЕРЕ

^{222}Rn и продукты его распада — основной источник радиоактивности нижней тропосферы. Сведения о пространственно-временных изменениях концентрации ^{222}Rn нужны, например, для поиска полезных ископаемых, определения влажности почв, запаса влаги в снежном покрове.

Л. И. Болтнева, В. А. Ионов, И. М. Назаров, Т. И. Сисигина (Институт прикладной геофизики Государственного комитета СССР по гидрометеорологии и контролю природной среды) проанализировали данные, полученные в комплексе самолетных и наземных исследований ^{222}Rn . Измерения проводились в приземном слое атмосферы в дневное время теплого периода года (без снежного покрова) с помощью аппаратуры, размещенной на борту самолета ИЛ-14. Концентрация дочерних продуктов ^{222}Rn измерялась по спектру γ -излучения атмосферы и α -излучению проб аэрозолей. Одновременно определялось содержание ^{226}Ra в почвах по спектру γ -излучения. Самолетные маршруты (высота 50–100 м) в основном прокладывались в меридиональном направлении и пересекали практически всю рав-

нинную часть территории СССР. Расстояние между маршрутами составляло 100–400 км. Районы предгорий и побережья полярных морей были обследованы единичными маршрутами.

После обработки данных по 400 измерениям была построена карта, отражающая среднее содержание ^{222}Rn в слое атмосферы толщиной до 300 м и ^{226}Ra в почвах. Карта показывает, что примерно в одинаковых метеорологических условиях среднее содержание ^{226}Ra возрастает с севера на юг в 3,5 раза, а средняя концентрация ^{222}Rn — в 50 раз. Эти данные можно использовать при решении прикладных задач, требующих учета естественной радиоактивности атмосферы.

«Доклады АН СССР», 1980, 251, 2.

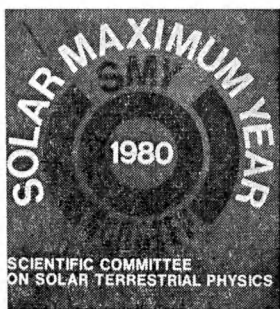


ФОСФОР В ЗАКРЫТЫХ ВОДОЕМАХ

Известно, что фосфор, содержащийся в чистом виде в закрытых водоемах, губительно влияет на развитие фитопланктона, служащего кормом для многих видов рыб. Но, к счастью, фосфор быстро осаждается на грунт и влияние его на водные экосистемы таким образом снижается.

Естественный продукционный режим водоемов под воздействием человеческой деятельности все больше и больше нарушается. Немалую роль здесь стало играть использование водного пассажирского флота. Н. Я. Миронова (Институт географии АН СССР) проанализировала данные, относящиеся к содержанию фосфора и органического вещества в различных судоходных районах Пестовского водохранилища (канал имени Москвы). Наблюдения проводились в 1976–1977 годах и состояли в отборах проб воды в прибрежной зоне (пункты наблюдения отстояли от берега на 30–50 м). Обнаружено, что в водоемах, где регулярно проходят моторные суда, взмучивающие донные отложения, фосфор ускоренно перемещается из грунта в воду.

«Водные ресурсы», 1980. 2.



Член-корреспондент АН СССР
В. Е. СТЕПАНОВ

Кандидат физико-математических наук
В. В. КАСИНСКИЙ

Кандидат физико-математических наук
В. М. ТОМОЗОВ

Год солнечного максимума

ВСПЫШЕЧНАЯ АКТИВНОСТЬ СОЛНЦА

В максимуме 11-летнего цикла почти на всем диске Солнца наблюдаются активные области. Явления солнечной активности весьма разнообразны: это — пятна, факелы, вспышки, протуберанцы, но все они тесно связаны между собой. Наиболее грандиозные из них солнечные вспышки. Во время вспышек, похожих на гигантские взрывы, за несколько минут выделяется огромная энергия — 10^{32} эрг. Столько же энергии освобождается при одновременном взрыве нескольких десятков миллионов водородных бомб с тротиловым эквивалентом в одну мегатонну каждая.

Энергия вспышки переносится электронами, протонами и ядрами некоторых химических элементов, ускоренными до энергий в сотни мегэлектронвольт и даже несколько десятков гигаэлектронвольт. В видимой области спектра вспышки наблюдаются в линиях водорода, гелия и других элементов как очень яркие образования, занимающие на солнечном диске площадь от 10^8 до $5 \cdot 10^9$ км², что равно примерно пятидесяти площадям сечения земного шара по экватору. Вспышки — источники гамма-лучей, рентгеновского и ультрафиолетового излучения, они вызывают всплески радиоизлучения, порождают ударные волны в короне и в межпланетной среде, массивные облака солнечной плазмы в межпланетном пространстве. Все эти вторичные явления возмущают структуру межпланетного магнитного поля, магнитосферу и ионосферу Земли.

Энергия вспышек черпается из

С 1 октября 1979 года ведутся наблюдения по международной программе «Год солнечного максимума», приуроченной к очередному максимуму 11-летнего цикла солнечной активности. Каковы задачи и как организована работа по этой программе?

энергии магнитного поля активной области на Солнце. Теория предсказывает две возможности накопления свободной энергии магнитных полей в солнечной атмосфере — в результате формирования токового слоя и в арочных структурах с бессильным магнитным полем («Земля и Вселенная», 1974, № 4, с. 3—8.— Ред.). По-видимому, аналогичные процессы преобразования энергии магнитных полей, которые происходят в солнечных вспышках, бурно протекают при взрывах Сверхновых звезд, в ядрах активных радиогалактик, во вспышках звезд, пульсарах, а также наблюдаются в лабораторных экспериментах при удержании плазмы в магнитных ловушках.

После вспышки на Солнце резко усложняется радиационная обстановка в околоземном космическом пространстве, изменяются условия прохождения радиоволн в земной ионосфере. Практика нашей жизни требует хорошего прогноза вспышечной активности Солнца.

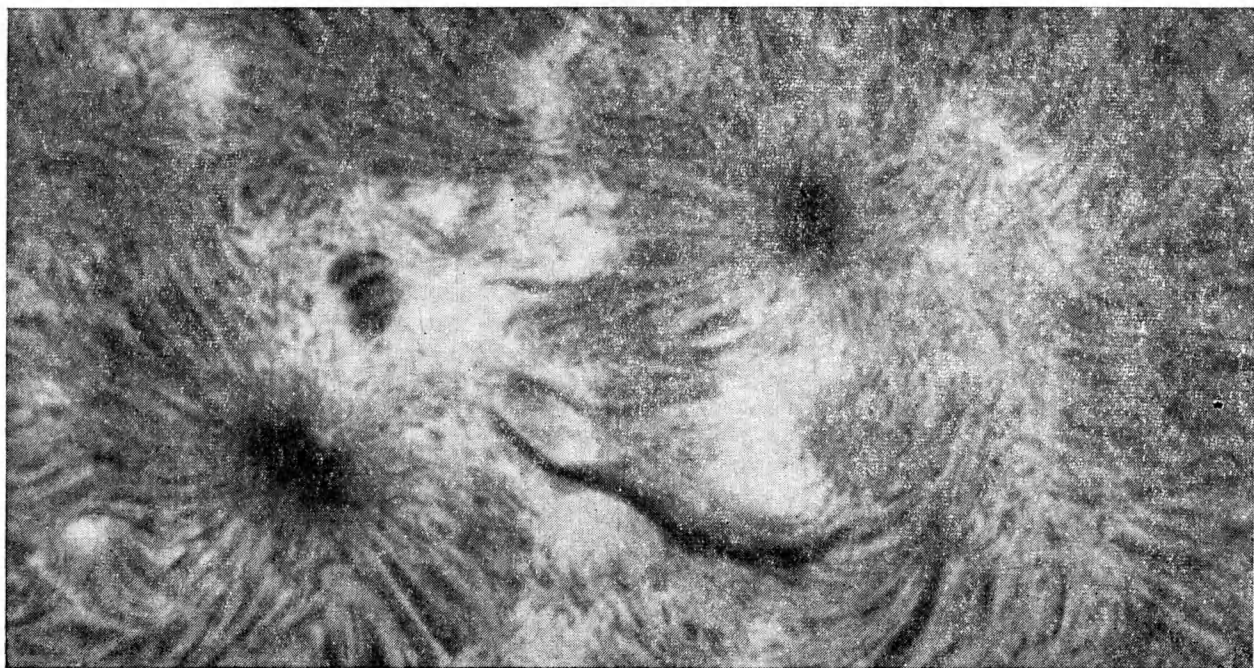
ЗАДАЧИ ПРОГРАММЫ

Чтобы успешно прогнозировать вспышечную активность Солнца, нужно знать, как диссипирует энергия

солнечных магнитных полей, каковы механизмы нагрева солнечной короны до 10^7 К и ускорения частиц до энергий космических лучей, как различные возмущения от вспышек преобразуют структуру межпланетной среды. Решить эти проблемы невозможно без одновременных наблюдений солнечных вспышек во всех диапазонах спектра. На солнечную вспышку должны быть одновременно наведены не только наземные оптические и радиотелескопы, но и бортовая аппаратура искусственных спутников Земли.

Идея координированного и целенаправленного изучения вспышечных процессов на Солнце родилась еще в 1973 году. Необходимо было решить много организационных вопросов: определить научные задачи программы «Год солнечного максимума», заручиться согласием ведущих ученых-гелиофизиков, а также коллективов обсерваторий участвовать в реализации этой программы. Нужно было проверить готовность обсерваторий к работе в режиме постоянного предупреждения о быстро протекающих процессах на Солнце. Напомним, что мощная солнечная вспышка продолжается 1—3 часа, а время непосредственного выделения энергии занимает 5—10 минут. Наземные инструменты и приборы на спутниках должны быть готовы к синхронной работе в заранее определенные «интервалы действия».

Международный комитет по разработке программы «Год солнечного максимума» возглавил профессор К. де Ягер (Нидерланды) — президент Международного совета научных союзов. В состав международного коми-



тета вошел член-корреспондент АН СССР В. Е. Степанов — председатель советского комитета «Год солнечного максимума». Программу поддерживали Международный астрономический союз, Международный геодезический и геофизический союз, Комитет по исследованию и использованию космического пространства. Научная программа «Год солнечного максимума» обсуждалась во многих астрономических учреждениях США, СССР и на совещаниях с участием астрономов социалистических стран. Были определены три основные направления исследований:

1. Изучение процесса возникновения вспышки и способа накопления энергии перед ее началом — программа «Flare Build-up Study» (ФБС);
2. Исследование механизма высвобождения энергии и фазы ускорения космических лучей — программа «Solar Energy Release in Flares» (СЕРФ);
3. Изучение эффектов распространения вторичных возмущений от вспышки через межпланетную среду — программа «Study of Travelling Interplanetary Phenomena» (СТИП).

Расскажем подробнее об этих программах.

Программу ФБС впервые будут совместно выполнять специалисты в области физики Солнца и земной магнитосферы. Дело в том, что прослежена аналогия между явлениями солнечных вспышек и магнитных суббурь: механизмы накопления и высвобождения энергии в солнечных вспышках, связанные с перестройкой магнитных полей, осуществляются и в хвосте магнитосферы Земли во время магнитных суббурь («Земля и Вселенная», 1974, № 4, с. 8—13.—Ред.).

■
Так выглядит солнечная вспышка в линии H_{α} . Фотографии получены с помощью коронографа и интерференционно-поляризационного фильтра. Верхний снимок сделан 15 мая 1978 года сотрудником Сибирского института земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн СО АН СССР В. Е. Меркуленко, нижний — 5 сентября 1979 года сотрудницей Крымской астрофизической обсерватории АН СССР Л. Г. Карташовой

Гипотеза о том, что вспышки возникают вследствие быстрой перестройки магнитных полей в активных областях Солнца, основана на теоретических предположениях и до сих пор надежно не подтверждена наблюдениями. Исследователи надеются обнаружить уменьшение напряженности магнитного поля или упрощение магнитной конфигурации в активной области после вспышки. Причем важно доказать, что эти изменения — следствие, а не причина вспышки. Если удастся заметить прогрессивно нарастающие сложные движения и «скручивания» в структуре магнитного поля перед вспышкой, мы сможем надежнее судить о природе механизма, «запускающего» вспышечный процесс в активной области. Необходимо выявить связь между возникновением вспышки и выходом на поверхность Солнца новых магнитных полей, а также предпринять поиск устойчивых токовых слоев перед вспышкой.

Многим вспышкам предшествует постепенный нагрев плазмы в активной области, который наблюдается в миллиметровом и сантиметровом диапазонах волн, в свете водородной линии H_{α} , ультрафиолетовых и мягких рентгеновских лучах. В это же время активизируются волокна плазмы с магнитным полем, благодаря чему отдельные волокна выбрасываются в область локализации вспышки. Ранее были обнаружены пульсации радиоизлучения на волне 3 см с периодом 30—120 минут, возникающие за несколько десятков часов до мощных вспышек. Связаны ли пульсации радиоизлучения с сильной турбулентностью плазмы в волокнах? Сопровождаются ли они крупномасштабным увеличением плотности горячей плазмы в солнечной короне? Исчерпывающих ответов на эти вопросы пока нет. Да и могут ли эти предвестники служить сигналом к началу солнечной вспышки?

Программа СЕРФ направлена на исследование механизма преобразования энергии, предварительно запасенной в магнитном поле, в энергию ускоренных частиц. Известно, что частицы ускоряются в импульсной фазе вспышки, когда интенсивность излу-



чения в оптическом и рентгеновском диапазонах резко возрастает. Но где находится область, в которой происходит ускорение частиц?

Частицы большой энергии в импульсной фазе вспышки нагревают хромосферу и корону до высоких температур, поэтому нужно установить, как расположены области ультрафиолетового и жесткого рентгеновского излучений по отношению к области свечения вспышки в линии H_{α} , и выяснить, какая доля ускоренных электронов, излучающих рентгеновские кванты, проникает в хромосферу. Плохо известен вклад ускоренных протонов в нагрев хромосферы и расположение областей, где поглощаются быстрые протоны. Проведя детальные наблюдения ядер вспышечной эмиссии — областей наиболее яркого свечения вспышки, астрономы смогут проверить эффективность нагрева потоками частиц, а исследовав области диффузного свечения вспышки, — выяснить вклад рентгеновского излучения в нагрев хромосферы.

Одна из важных задач программы СЕРФ — изучение второй фазы ускорения частиц во вспышках. Например, имеются данные о появлении во время вспышек ускоренных электронов, которые при торможении в плотной хромосферной плазме испускают гамма-кванты с энергией 1—2 МэВ. Однако не ясно, какие процессы приводят к образованию таких быстрых электронов.

В ходе выполнения программы СЕРФ ученые надеются выяснить роль петельных конфигураций магнитных полей в формировании наблюдаемых вспышечных структур. Создают ли «петли» магнитного поля

необходимые условия для возникновения вспышек или они появляются уже после импульсной фазы вспышки?

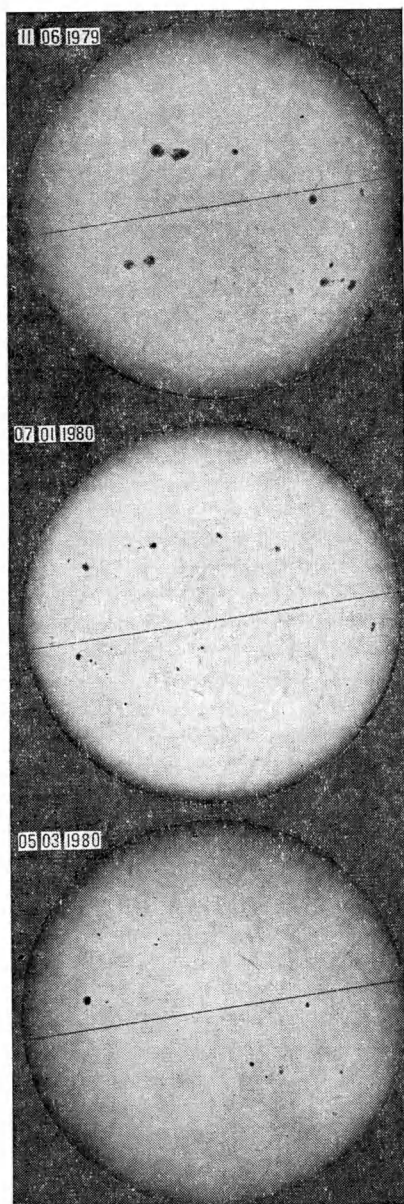
Программа СТИП предусматривает изучение параметров межпланетной среды в спокойные и активные периоды «деятельности» Солнца, наблюдение за распространением возмущений в короне и солнечном ветре. Исследователям предстоит выяснить, какие процессы приводят к формированию в солнечной короне областей с минимальными значениями плотности плазмы — корональных дыр.

Ударные волны и разрывы в солнечном ветре возникают вследствие выбросов корональной плазмы. Согласно наблюдениям, выбросы дают около 10% массы вещества солнечного ветра. На ведущем крае этих высокоскоростных потоков плазмы, названных транзиентами, располагается ударная волна. На ее фронте, возможно, частицы ускоряются до высоких энергий. К сожалению, пока мало наблюдений этих явлений после вспышек. В рамках программы СТИП предполагается получить сведения об источниках выброса вещества, о характере ускорения частиц в короне, их плотности и о величине магнитного поля в транзиентах на расстоянии до 1 а. е. от Солнца.

Для изучения процессов взаимодействия космических лучей в солнечной короне очень важно измерить отношение изотопов гелия-3 и гелия-4. Величина отношения может служить индикатором ядерных реакций, вызываемых энергичными частицами при взаимодействии с плазмой солнечной атмосферы. Чтобы решить эту проблему, нужны наблюдения за пределами земной атмосферы с использованием чувствительных приемников гамма-излучения.

ОРГАНИЗАЦИЯ НАБЛЮДЕНИЙ

В августе 1979 года XVII Генеральная ассамблея Международного астрономического союза («Земля и Вселенная», 1980, № 3, с. 44—50.—Ред.) одобрила научную программу «Год солнечного максимума». Работы по этой программе, начатые 1 октября



1979 года, рассчитаны на 18 месяцев. Выполнение программы возложено на 50 обсерваторий мира, в том числе на шесть обсерваторий социали-

стических стран и 16 обсерваторий Советского Союза, на три научно-исследовательских института — Физический институт АН СССР, Институт космических исследований АН СССР, Научно-исследовательский радиофизический институт в Горьком.

Наблюдения по программе «Год солнечного максимума» ведутся с борта американского космического аппарата SMM («Solar Maximum Mission»), выведенного на околоземную орбиту в феврале 1980 года. Вскоре планируется запустить GEOS (Европейское космическое агентство) и «Астро-А» (Япония), на которых будут установлены приборы для получения рентгеновских изображений Солнца, спектрометры рентгеновского и ультрафиолетового диапазонов, аппаратура для обнаружения гамма-лучей и определения степени поляризации, для регистрации быстрых частиц и измерения магнитного поля в солнечном ветре.

27 февраля 1979 года в СССР был осуществлен успешный запуск на околоземную орбиту спутника «Интеркосмос-19», на котором проводятся эксперименты по комплексному изучению структуры околоземной плазмы и процессов взаимодействия атмосферы Земли с потоками энергичных частиц и жестким излучением Солнца.

Действуют два координационных центра: по программе ФБС — Медонская обсерватория (Франция), по программам СЕРФ и СТИП — обсерватория в Боулдере (США). Эти центры оповещают участников программы «Год солнечного максимума» об «интервалах действия» и определяют объект наблюдений. Он выбирается по рекомендациям базовых обсерваторий. К ним относятся: в США — обсерватория Биг-Бэр (рекомендации даются на основе оптических наблюдений и измерений структуры магнитных полей на Солнце), обсерватория Боулдер (по данным широкой сети станций службы Солнца), обсерватория Гринбелт (по результатам внеатмосферных наблюдений со спутника SMM); в СССР — Сибирский институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн (на основе оптических и радионаб-

Снимки Солнца, полученные на хромосферно-фотосферном телескопе Крымской астрофизической обсерватории АН СССР. Солнце сфотографировали научные сотрудники обсерватории П. В. Матвеев и Е. М. Ерюшева

людений и измерений магнитных полей на панорамном магнитографе с использованием результатов наблюдений других советских обсерваторий); в Японии — Исследовательский институт атмосферы Нагойского университета (по данным наблюдений в микроволновом диапазоне).

Четко работает система связи между обсерваториями по телексам и телетайпам, возможен диалог между

базовыми обсерваториями, а также между наблюдателями различных обсерваторий и базовыми обсерваториями. Если на Солнце появятся предвестники мощной вспышки, информация о них идет «in presto» в любое время дня.

1—15 октября 1979 года — первый активный «интервал действия» по программе СЕРФ. Получен обширный наблюдательный материал, кото-

рый сейчас обрабатывается. На май и июнь 1980 года приходились два «интервала действия» по программе ФБС, с 15 сентября по 15 октября запланирован «интервал действия» по программе СЕРФ. Выполнение интернациональной программы «Год солнечного максимума» поможет ученым лучше понять физику процесса вспышечной активности Солнца.

КОМЕТЫ И МЕЖПЛАНЕТНОЕ МАГНИТНОЕ ПОЛЕ

Кометы приходят с окраин Солнечной системы. По мере приближения к Солнцу ледяное ядро кометы прогревается, вокруг ядра возникает светящаяся оболочка — кома, а в направлении от Солнца вытягивается длинный светящийся хвост. Вытянутость кометного хвоста от Солнца объясняется действием светового давления, а также влиянием солнечного ветра на газово-пылевые частицы хвоста. Иногда хвост отрывается от головы кометы и уносится в направлении от Солнца, а на его месте появляется новый. Долгое время считали, что возмущения в хвостах комет связаны с характером истечения вещества из кометного ядра. Лишь недавно удалось показать, что отрыв кометных хвостов — следствие взаимодействия собственного магнитного поля кометы с межпланетным магнитным полем.

Межпланетное магнитное поле — прямое продолжение солнечного магнитного поля. Своим возникновением межпланетное поле во многом обязано солнечному ветру, который уносит от Солнца потоки плазмы с «вмороженными» в нее силовыми линиями солнечного магнитного поля. Вдали от Солнца эта плазма концентрируется в экваториальной плоскости, образуя токовый слой. Выше и ниже токового слоя межпланетное поле имеет противоположный знак. Поверхность токового слоя не плоская, а гофрированная («Земля и Вселенная», 1980, № 1, с. 10—16. — *Ред.*). Высота волн этой поверхности над плоскостью экватора Солнца зависит от фазы солнечного цикла и меняется от 3—10° в минимуме до 40—50° в максимуме солнечной активности. Поверхность токового слоя скручена наподобие спирали, так как межпланетное магнитное поле вращается вместе с Солнцем, делая один оборот за

27 дней. Поскольку плоскость, в которой Земля движется вокруг Солнца (эклиптика), всего на 7° наклонена к плоскости солнечного экватора, наша планета регулярно пересекает поверхность токового слоя и оказывается то в области положительной, то в области отрицательной полярности магнитного поля. При этом у Земли регистрируется характерная секторная структура межпланетного магнитного поля.

Космические аппараты, запускаемые с Земли, как правило, движутся в плоскости эклиптики, не достигая высоких гелиоширот. Лишь однажды в 1976 году «Пионер-11» под действием мощного гравитационного поля Юпитера отклонился более чем на 16° от плоскости солнечного экватора и поднялся выше гофрированной поверхности токового слоя. В то время как с борта искусственных спутников Земли наблюдалась секторная структура магнитного поля, магнитометры «Пионера-11» зарегистрировали поле только одного знака.

Космическими зондами, исследующими межпланетное магнитное поле на больших расстояниях от плоскости солнечного экватора, могут служить кометы. Еще в 1957 году шведский ученый Х. Альвен высказал гипотезу, согласно которой кометы при своем движении к Солнцу «сгребают» межпланетное магнитное поле. Его силовые линии «вмораживаются» в ионизованную головную часть кометы и уходят далеко

в межпланетное пространство в виде длинного хвоста. Именно вдоль этих силовых линий и течет ионизованный газ из головы кометы. Альвен предположил, что когда комета пересекает границы секторной структуры межпланетного магнитного поля, в ее голове взаимно нейтрализуются силовые линии магнитного поля кометы и нового сектора межпланетного магнитного поля. Старое магнитное поле кометы как бы соскальзывает с ее ядра и уносится потоком солнечного ветра, а на его месте возникает поле другой полярности. Визуально это наблюдается как отрыв хвоста от головы кометы и появление нового хвоста на месте старого. Расчеты показывают, что отрыв хвоста кометы длится от пяти до двенадцати часов. Когда 20 января 1974 года комета Когоутека 1973 f пересекала границу секторной структуры межпланетного магнитного поля, наблюдатели отметили, что исчезновение старого и появление нового хвоста заняло около пяти часов. Было проверено около 70 случаев отрыва хвоста у комет, приближавшихся к Солнцу в течение последних ста лет. Все они подтвердили правильность гипотезы Альвена.

Поскольку каждый год наблюдается от пяти до десяти комет, большинство которых, правда, так слабы, что заметить их можно лишь в сильный бинокль, метод исследования структуры межпланетного магнитного поля с помощью комет может оказаться весьма многообещающим. Плоскости орбит многих комет довольно далеко отстоят от плоскости солнечного экватора, поэтому кометы позволяют зондировать межпланетное пространство на высоких гелиоширотах, в настоящее время еще недоступных для космических аппаратов.

Е. В. ИВАНОВ





Твердое дно океана

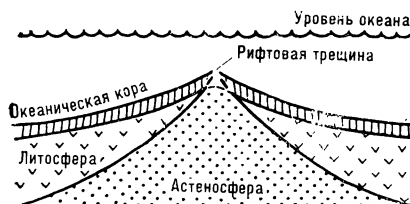
ЗЕМНАЯ СКОРЛУПА

Под литосферой (от греческого «литос» — «камень») принято понимать внешнюю относительно жесткую и холодную оболочку Земли, находящуюся в твердом кристаллическом состоянии (верхний ее слой носит название земной коры). Под этой жесткой оболочкой залегает астеносфера, заполненная пластичным полужидким веществом («Земля и Вселенная», 1978, № 5, с. 36—44.—Ред.). Легкоплавкая часть вещества астеносферы — базальт (вулканическая горная порода) представляет собой расплав, а наиболее тугоплавкий перидотит (глубинная порода ультраосновного состава) еще сохраняет свою кристаллическую структуру. Граница между литосферой и астеносферой, или подошва литосферы, лежит на глубине, где температура недр такова, что базальты начинают застывать и кристаллизоваться.

До недавнего времени считалось, что литосфера имеет примерно одинаковую толщину под материками и океанами. И только в последние годы удалось показать теоретически и подтвердить геолого-геофизическими исследованиями, что под океанами земная скорлупа гораздо тоньше. Оказывается, толщина ее увеличивается от гребней срединных океанических хребтов к периферии океанов.

Можно ли измерить толщину литосферы на практике? Ведь до ее нижней границы не достанешь даже самой глубокой буровой скважиной. Современные плавучие буровые установки могут проникнуть в океаническое дно не более чем на сотни метров. На помощь здесь приходит

Бурное развитие современных знаний о строении Земли, постоянно растущие потребности в полезных ископаемых ставят вопрос об оценке мощности литосферы Земли, особенно под океанами. О создании первой карты океанической литосферы рассказывает один из ее авторов.



геофизика. Изучая распространение упругих колебаний — сейсмических волн от землетрясений, ученые показали, что граница частичного плавления вещества, то есть подошва литосферы в океане, характеризуется понижением скорости сейсмических волн. Измерение электропроводности верхних оболочек литосферы также позволило оценить глубину ее подошвы, которой соответствуют зо-

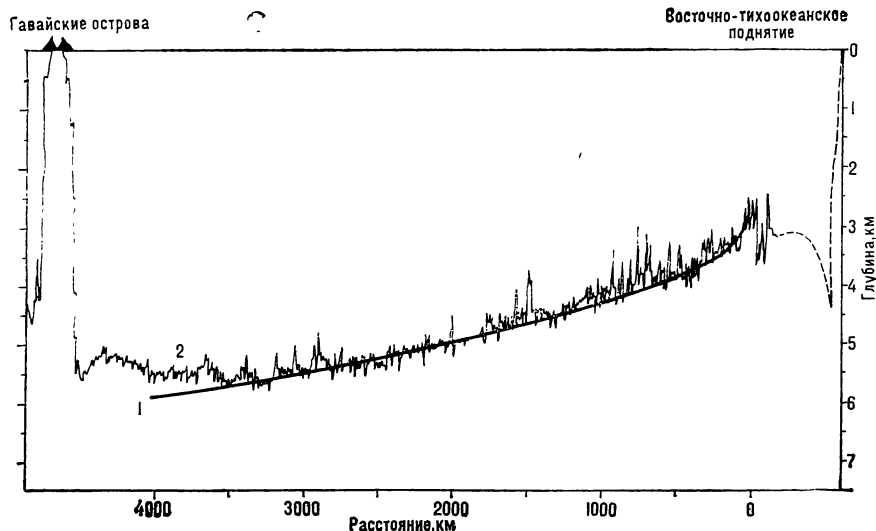
ны повышенной электропроводности. Но такие исследования проведены пока лишь в нескольких районах.

Чтобы решить многие важные проблемы и, в первую очередь, определить, как размещены под океаническим дном полезные ископаемые, требуются сведения о мощности и строении литосферы под всей площадью дна Мирового океана. Эта задача была поставлена перед учеными Института океанологии имени П. П. Ширшова АН СССР. Для изучения строения твердого океанического дна и оценки толщины жесткой оболочки под ним предполагалось использовать результаты многочисленных геологических и геофизических съемок, охватывающих большую часть акватории Мирового океана, таких как измерения глубины дна, магнитная и гравиметрическая съемка, изучение возраста горных пород, слагающих дно, измерение теплового потока из глубин Земли. Однако для использования этих данных необходимо было разработать теоретическую модель образования литосферы под океанами.

НОВАЯ ТВЕРДЬ РОЖДАЕТСЯ В ОКЕАНЕ

С точки зрения теории глобальной тектоники литосферных плит новые части литосферы образуются в центральных районах современных океанов, рифтовых зонах срединных океанических хребтов, где дно рассечено глубокими трещинами («Земля и Вселенная», 1974, № 5, с. 28—33.—Ред.). При раздвижении литосферных плит в раскрывающиеся рифтовые трещины внедряется снизу расплав-

Схема образования литосферы в рифтовой зоне. При раздвижении литосферных плит в рифтовую трещину внедряется расплавленное вещество астеносферы. Постепенно застывая и кристаллизуясь, оно образует литосферу



ленное вещество астеносферы. Достигнув поверхности дна, вещество постепенно остывает и кристаллизуется. При последующем раздвижении плит по рифтовой трещине поступают и затем кристаллизуются новые порции расплава — так образуется литосфера. Чем больше проходит времени с момента внедрения вещества, тем толще она становится. (Процесс напоминает утолщение речной льдины на ее нижней границе в морозный день.) Таким образом, мощность твердой оболочки под океанами не остается постоянной, а закономерно нарастает с увеличением возраста дна. Процесс этот развивается в направлении от срединно-океанических хребтов к глубоководным районам океанов.

СПОСОБЫ РАСЧЕТА ТОЛЩИНЫ ЛИТОСФЕРЫ

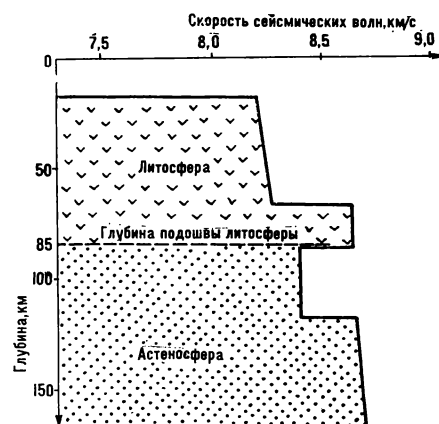
Мощность твердой оболочки Земли можно определить, во-первых, по глубине дна. При застывании вещества, из которого образуется молодая литосфера, его плотность возрастает, и более тяжелая литосферная плита начинает погружаться в более легкую астеносферу. Чем толще становится литосфера, тем глубже она погружается. В результате поверхность дна, по мере удаления от гребня срединно-океанического хребта, закономерно понижается. Такая картина релье-

фа дна наблюдается во всех океанах («Земля и Вселенная», 1975, № 2, с. 53—60.— Ред.).

Перепад рельефа находится в полном соответствии с законом гидростатического равновесия. Используя его, можно определить, как увеличивается толщина литосферы. Для этого достаточно сравнить глубину дна на срединном хребте и в любой другой точке океана. Например, теоретически предсказанное изменение рельефа дна от Восточно-Тихоокеанского поднятия к Гавайским островам получило подтверждение на практике.

Существует другой независимый способ расчета мощности литосферы под океаном. Ее определяют по возрасту дна. Способ основывается на том, что толщина литосферы зависит от времени, которое прошло с момента внедрения расплавленного вещества. Оказывается, толщина литосферы, по мере удаления от срединного хребта, возрастает почти пропорционально квадратному корню из величины возраста дна. Что касается сведений о возрасте отдельных участков океанического ложа, то их

Рассчитанный теоретически (1) и измеренный экспериментально (2) рельеф дна в центральной части Тихого океана



удается получить самыми различными путями: по возрасту донных осадков или изверженных горных пород, а также по данным глубоководного бурения. Важную информацию такого рода дает и морская магнитная съемка, выявившая в океане линейные магнитные аномалии, каждая из которых имеет определенный возраст («Земля и Вселенная», 1979, № 3, с. 30—33.— Ред.). Теоретические оценки зависимости толщины океанической литосферы от ее возраста подтверждаются данными сейсмических и электромагнитных исследований.

Изменение скорости сейсмических волн под северо-западным районом Тихого океана. Толщина литосферы, определенная по уменьшению величины скорости, составляет здесь 85 км. Результаты измерений совпадают с теоретической оценкой глубины подошвы литосферы (пунктирная линия)

Как мы уже знаем, подошва литосферы в океане лежит на глубине, где происходит кристаллизация базальтов, поэтому толщину литосферы можно определить по величине теплового потока, идущего снизу через океаническое дно. Тепловой поток оценивается по градиенту температуры и теплопроводности пород. Такие измерения ведутся с помощью специальной аппаратуры на больших площадях в различных районах.

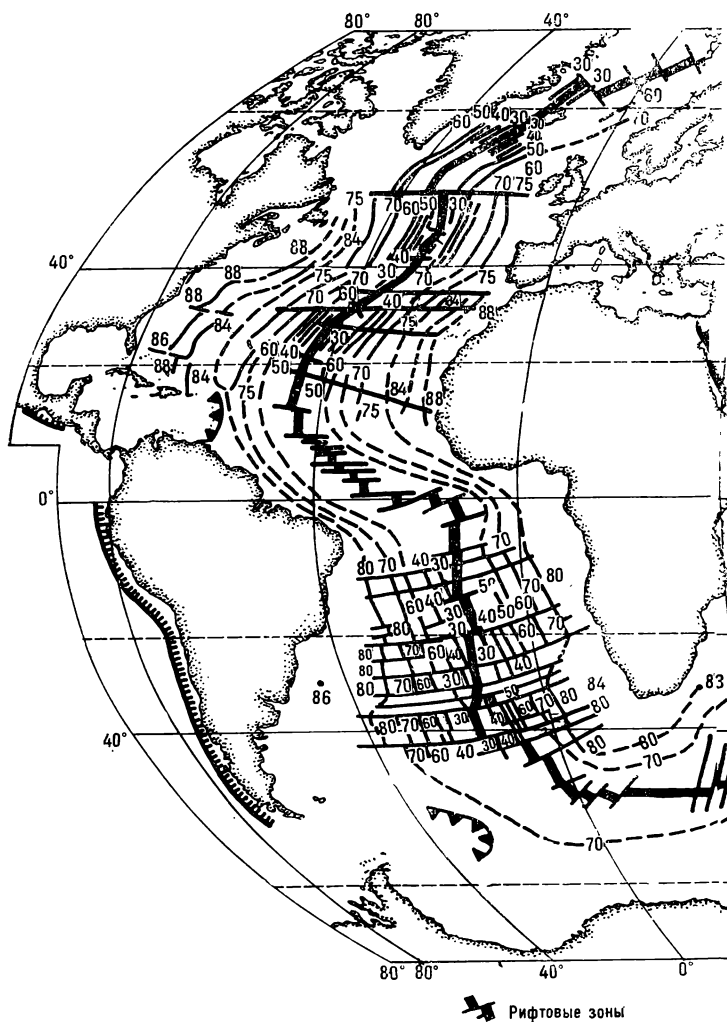
Изучение **подводных и надводных вулканов** показало, что их высота непосредственно связана с мощностью литосферы. Чем больше глубина, с которой расплавленное вещество поднимается на поверхность дна, тем выше образующийся вулкан. Так, практически все вулканы, расположенные в зоне срединных океанических хребтов, не превышают 1—2 км, тогда как в более древних районах, где литосфера гораздо толще, они выше 4—5 км и даже достигают 9 км (на Гавайских островах). Значит, по высоте вулканов, образующихся в океане, также можно судить о толщине твердой оболочки под ними.

Существуют и другие способы оценки мощности океанической литосферы. Правда, точность каждого отдельного метода относительно невелика, но если применить их в совокупности, то такое комплексное определение мощности твердого дна дает неплохие результаты. Расчеты хорошо подтверждаются экспериментальными геофизическими работами. В качестве одного из примеров такой проверки можно привести результаты сейсмических исследований, проведенных в последние годы японскими и советскими геофизиками в северо-западной части Тихого океана. Сейсмические данные показывают, что мощность литосферы здесь достигает 85 км. Эти данные подтвердили сделанные ранее теоретические расчеты, согласно которым толщина литосферы в этом районе составляет 83—86 км.

КАРТА ОКЕАНИЧЕСКОЙ ЛИТОСФЕРЫ

Различные способы расчетов и материалы экспериментальных работ в

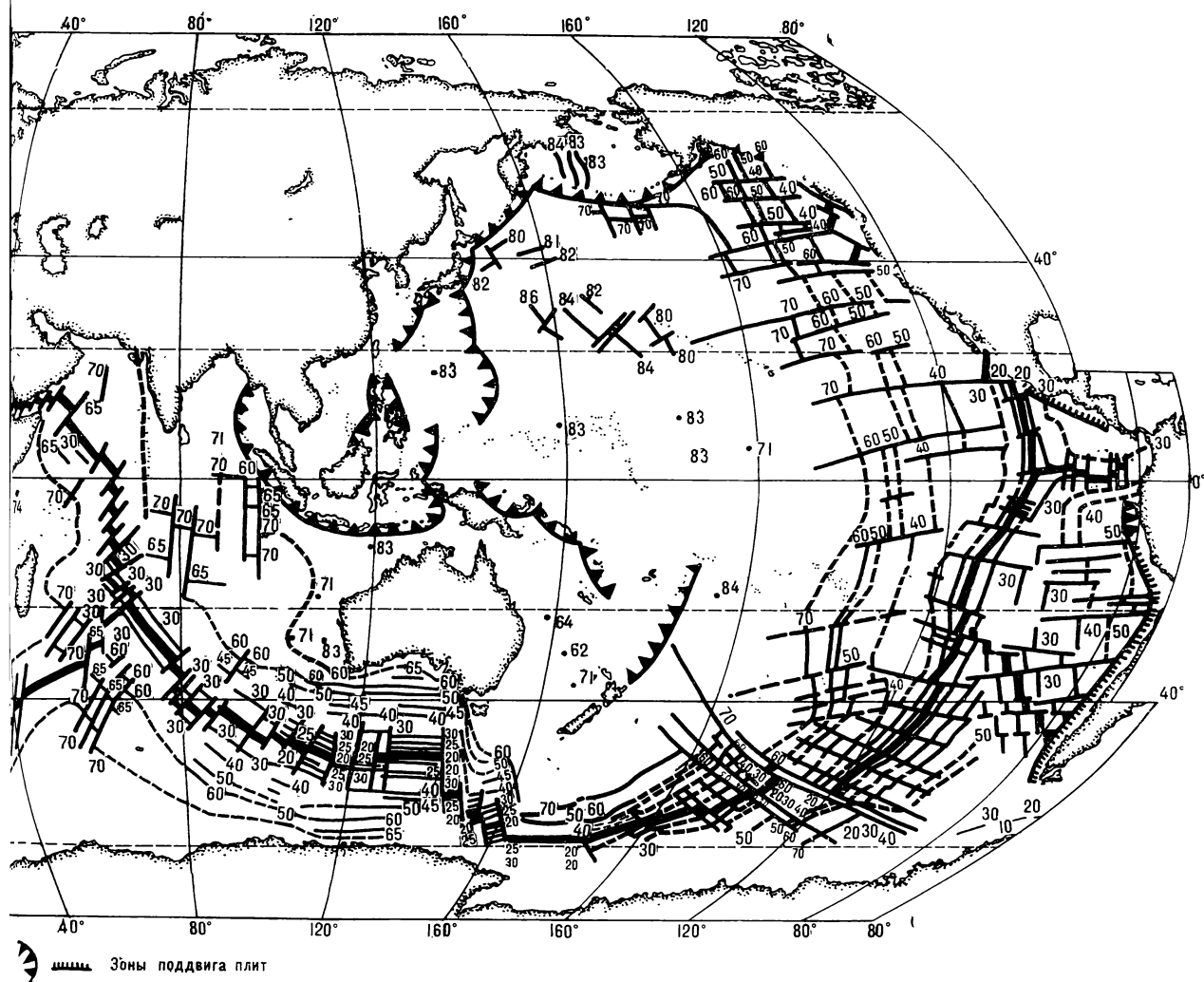
океане позволили доктору физико-математических наук О. Г. Сорохтину и автору этой статьи построить первую **карту мощности литосферы в Мировом океане**. Для ее составления были привлечены многочисленные данные о возрасте океанического дна, результаты измерения теплового потока через дно океана, карты рельефа дна Атлантического, Индийского и Тихого океанов, гравиметрические карты и другие материалы. Использовалась также Мировая карта линейных магнитных аномалий, составленная в Ленинградском отделении Института земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн



АН СССР под руководством доктора геолого-минералогических наук А. М. Карасика.

После того как все имеющиеся расчетные и экспериментальные данные были сведены в единую карту, появилась возможность получить глобальную картину изменения мощности литосферы под океаном. Рассматривая карту, можно заметить, что толщина литосферы закономерно

Карта мощности литосферы Мирового океана. Цифрами обозначена толщина в километрах



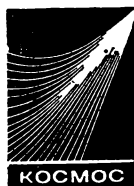
увеличивается от осевых частей срединно-океанических хребтов (где она не превышает 7—10 км) к глубоководным районам океанов (где она достигает 60—70 км).

Самая большая мощность литосферы под океанами установлена в наиболее древних районах. Это северо-западная часть Тихого океана, а также древние глубоководные котловины Атлантического океана, протянувшиеся вдоль его побережий по обе стороны от Срединно-Атлантического хребта. Мощность литосферы в этих районах достигает рекордной величины, 85—90 км.

Конечно, первая карта мощности

литосферы под океанами требует дальнейшего уточнения и проверки новыми геолого-геофизическими исследованиями. Но и сегодня она уже приносит пользу. С ее помощью можно решать многие научные и практические задачи. Именно с толщиной твердой оболочки Земли под океанами связан химизм базальтовых магм, извергающихся из подводных вулканов, высота вулканов и вулканических хребтов и поднятий, возникновение и развитие многочисленных трещин в океаническом дне. А от всех этих процессов зависит зарождение и размещение в земной коре полезных ископаемых и, в первую

очередь, металлов. Есть основания надеяться, что новая карта мощности литосферы поможет геологам и геофизикам в исследовании строения океанического дна и его минеральных ресурсов.



Заместитель начальника Всесоюзного объединения «Леспроект»
кандидат сельскохозяйственных наук
В. И. СУХИХ

Лес и космос

Охрана окружающей среды, рациональное использование и воспроизводство природных ресурсов Земли, среди которых особое место принадлежит лесу, одна из самых важных задач современности. Значение лесного фонда, занимающего на Земле третью часть, а в СССР более половины территории суши, исключительно велико и многогранно. Исследования последних лет показывают, например, что основная роль в поддержании кислородного баланса не только нашей страны, а всего северного полушария принадлежит сибирской тайге.

Но лес — не только среда нашего обитания. Он поставщик самой разнообразной продукции — от древесины до лекарственных растений. Поэтому издавна лес подвергается различному воздействию, во многих случаях неблагоприятному для него и для природы в целом. Еще К. Маркс писал: «Развитие культуры и промышленности вообще с давних пор сопровождалось настолько энергичным уничтожением лесов, что по сравнению с этим все, что было сделано ими для поддержания и новых посадок леса, представляет собой совершенно ничтожную величину»*. В последние десятилетия отношение к лесу изменилось, особенно в нашей стране. Принимаются меры к его сохранению, рациональному использованию и воспроизводству. Но развитие цивилизации, рост населения требуют новых территорий для сельскохозяйственного производства, строитель-

Космические методы уже начинают применяться на практике для изучения лесов, охраны их от пожаров, контроля за состоянием лесного фонда.

ва городов, промышленных предприятий, дорог. Поэтому площади лесов продолжают сокращаться. По данным VIII Мирового лесного конгресса, состоявшегося в октябре 1978 года в Джакарте (Индонезия), площадь лесов на земном шаре ежегодно сокращается на 16 млн. га, или ежеминутно лес безвозвратно исчезает с лица Земли на площади в 31 га. Леса ежегодно рубят на многих миллионах гектаров для заготовки древесины, на больших площадях они пропадают от пожаров, болезней, вредителей.

Чтобы рационально использовать, сохранять и воспроизводить леса, необходимы, прежде всего, всесторонние данные о лесном фонде. Но получить такие данные с обширных, труднодоступных лесных территорий — задача сложная.

В нашей стране состояние лесного фонда находится в центре внимания лесной охраны, численность которой сейчас превышает 160 000 человек. Охраняют леса от пожаров и вредителей в летний период свыше 500 самолетов и вертолетов. При изучении лесов широко применяется аэрофотосъемка. Несмотря на это, традиционные методы изучения лесов и контроля за их состоянием не всегда обеспечивают получение необходимой информации, не позволяют оперативно и всесторонне следить за неблагоприятными явлениями в лесу

и своевременно принимать охранные меры. Появилась необходимость в новой технической базе, которая могла бы решать весь комплекс задач по изучению лесов на качественно новом уровне. Такой базой оказалась космонавтика.

Сегодня информацию о состоянии лесов дают из космоса искусственные спутники Земли серии «Метеор», пилотируемые космические корабли и долговременные орбитальные станции. С «Метеоров» оптико-механические сканирующие системы ведут съемку земной поверхности в диапазоне волн от 0,5 до 1,1 мкм, и по радиоканалам информация передается на Землю. Съемки со спутников позволяют увидеть детали поперечником от 200—300 м до 1—2 км. С космических кораблей и орбитальных станций ведется фотографирование (в том числе и многозональное) одновременно в четырех-шести зонах электромагнитного спектра (диапазон от 0,4 до 0,9 мкм). Видны детали размером от 100 до 20—30 м, осуществляются и визуальные наблюдения.

КАРТОГРАФИРОВАНИЕ ЛЕСОВ

Чтобы правильно вести лесное хозяйство, необходимы тематические карты лесов всей территории страны. Для учебных целей, комплексной обобщенной оценки условий роста лесов, разделения территорий по степени лесистости, решения глобальных природоохранных и научных задач нужны преимущественно карты мелких масштабов (1 : 2 500 000 — 1 : 5 000 000 и мельче). Для прогнозов, проектирования необходимы кар-

* К. Маркс. Капитал. 1978, т. 2, с. 275.



ты более крупных масштабов (1 : 1 000 000 — 1 : 200 000 и крупнее).

Картографирование лесов с успехом можно выполнить по космическим изображениям. Даже наименее информативные материалы космических съемок с «Метеоров», получаемые аппаратурой малого разрешения (1—2 км), позволяют выделить резко контрастные объекты площадью в 40—50 км². На них видны границы крупных лесных массивов, долины рек, озера, безлесные участки, границы лесов с тундрой. На снимках хорошо

просматриваются горные системы и расположенные в их пределах лесные массивы, границы снежного покрова, дешифрируются зоны темнохвойных и мягколиственных лесов. По снимкам, сделанным такой аппаратурой, можно успешно заниматься мелкомасштабным

(1 : 5 000 000 — 1 :

: 10 000 000) картографированием лесов.

Аппаратура среднего разрешения (около 250 м), установленная на «Метеорах», позволяет выделить залесенные территории, леса с преобладанием различных групп древесных пород. Анализ снимков Южного Урала показал, что в пределах залесенных территорий по тону выделяются зоны хвойных и лиственных лесов. Наиболее темный тон соответствует елово-пихтовым лесам, наиболее светлый — лиственным. На снимках

■
Ленточные боры Казахстана. Снимок получен с искусственного спутника Земли «Метеор-28» аппаратурой среднего разрешения в зоне 0,5—0,7 мкм

видны реки, озера, болота, безлесные пространства. Детальность их изображений в основном соответствует карте лесов масштаба 1 : 2 500 000 — 1 : 5 000 000.

Снимки с кораблей «Союз» и станций «Салют» дают возможность различить детали в 10—100 раз более мелкие, чем с «Метеоров», поэтому их информативность неизмеримо выше. По таким снимкам надежно дешифрируются границы ландшафтов и местностей и их основные структурные элементы. При стереоскопическом рассматривании дешифрируются детали рельефа в несколько десятков метров. На увеличенных в 5—20 раз синтезированных в четырех зонах цветных многозональных снимках (или изображениях на экране многозонального проектора) четко выделяются контуры лесной растительности, сельскохозяйственных угодий, болот, вырубки, площади, опустошенные лесными пожарами, каменные россыпи. Детальность изображения снимков, получаемых с космических кораблей и орбитальных станций, соответствует картам лесов масштабов 1 : 1 000 000 — 1 : 500 000.

Таким образом, материалы космических съемок предоставляют большой объем информации о лесном фонде, достаточный в основном для составления **мелкомасштабных лесных карт**. Расчеты показывают, что затраты труда и средств на составление таких карт на основе материалов космических съемок в 2—4 раза меньше, чем традиционными методами.

ОБНАРУЖЕНИЕ ПОЖАРОВ

Работы, выполненные у нас в стране и за рубежом, показывают, что для выявления крупных лесных пожаров с успехом могут быть применены космические снимки, получаемые со спутников даже аппаратурой малого разрешения. На этих снимках пожары надежно дешифрируются по дымовым шлейфам значительной протяженности. Снимки со спутников, сделанные аппаратурой среднего разрешения, позволяют обнаружить пожары средней величины, а по фотографиям и визуальным наблюдениям с космических кораблей и орбиталь-



ных станций практически можно обнаружить все лесные пожары.

Серия последовательных разновременных снимков одной и той же территории позволяет не только отыскивать лесные пожары, но и следить за их развитием. Это помогает с наибольшим эффектом применять комплекс мероприятий по их локализации и тушению.

В таежной зоне значительный процент пожаров возникает во время гроз. По обзорным космическим снимкам, получаемым со спутников «Метеор», а также при визуальных

наблюдениях хорошо опознается грозовая облачность и прослеживается ее движение. Это позволяет прогнозировать районы возможного появления лесных пожаров, заблаговремен-

Район Якутской АССР. Снимок получен с космического корабля «Союз-22» многозональной камерой МКФ-6: 1 — лиственные леса, 2 — сосновые леса, 3 — еловые леса, 4 — гари, 5 — пески, 6 — болота

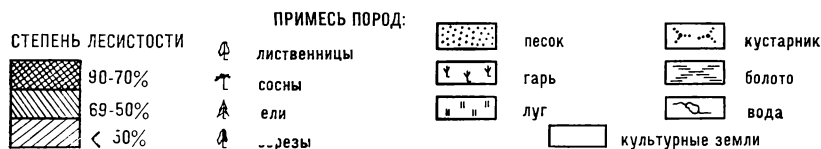
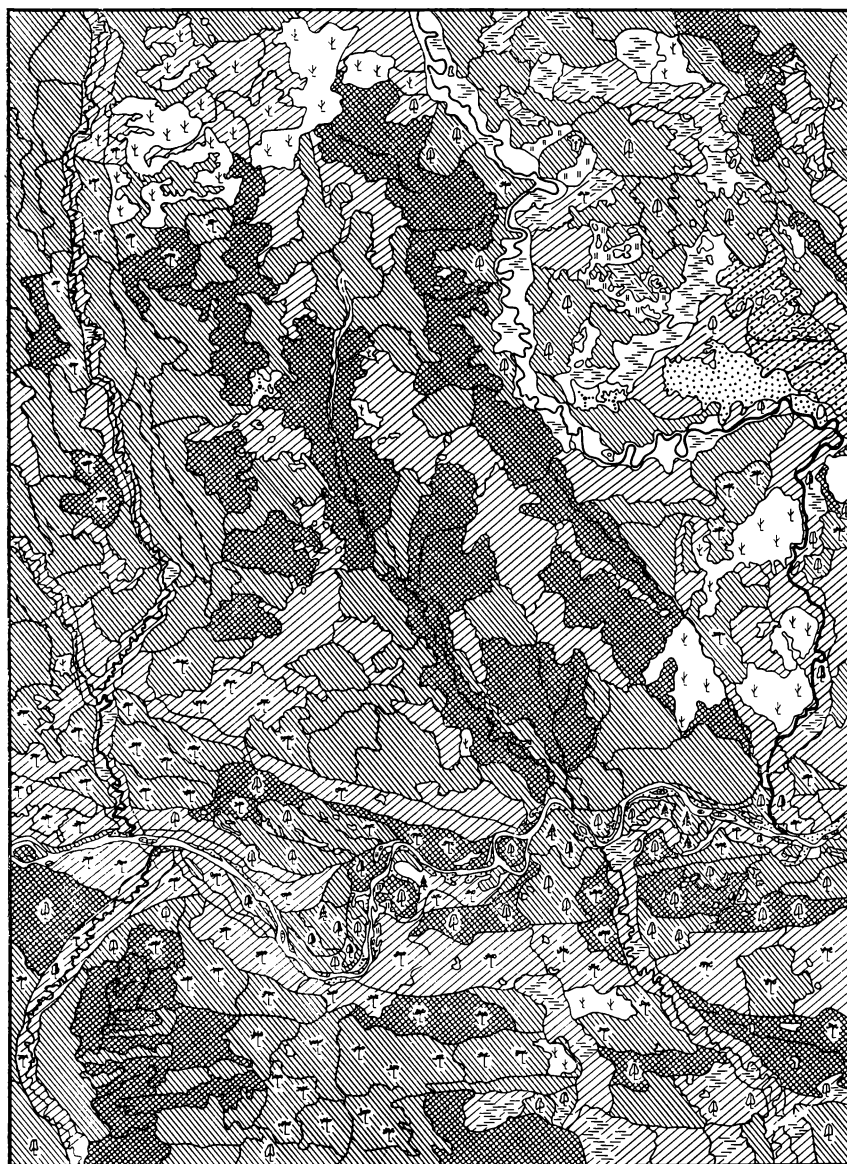


Схема интерпретации многозонального космического снимка района Якутской АССР, полученного камерой МКФ-6 с космического корабля «Союз-22»

но концентрировать внимание и силы на опасных районах, а в случае возникновения пожаров — ликвидировать их с наименьшими затратами труда и средств, с минимальным ущербом для окружающей среды.

В мероприятиях по охране лесов от пожаров значительное место зани-

мает выявление конвективной облачности, из которой можно вызвать искусственные осадки. Для ее определения требуется знание метеорологической обстановки, распространения облачности в пространстве и времени. Оперативная информация, получаемая со спутников серии «Метеор», позволяет выявить конвективную облачность в районах лесных пожаров, ее характеристики и динамику. Это существенно повышает оперативность и эффективность работ по ликвидации пожаров.

Для охраны лесов от пожаров очень важны карты пожарной опасности лесных территорий в зависимости от погодных условий. Многочисленные наблюдения свидетельствуют о том, что леса могут быть разделены на участки по времени «пожарного созревания». Это зависит от характера насаждений, условий роста, времени года и состояния погоды. Дистанционные методы съемок из космоса позволяют составлять карты пожарной опасности на новой, более качественной основе с учетом целого комплекса факторов, влияющих на возгорание лесов.

Нельзя упускать из виду, что для прогнозирования пожарной опасности важен и снежный покров. Время схода снежного покрова (после чего начинаются полеты авиации для охраны лесов от пожара) определяется по данным метеостанций. Но метеостанции расположены преимущественно в населенных пунктах, в долинах рек, где снег тает более интенсивно. К тому же сеть метеостанций в таежной зоне относительно редкая. Космические съемки и визуальные наблюдения обеспечивают точные данные о снежном покрове.

По материалам многозонального космического фотографирования с разрешением на местности порядка 20—30 м можно оперативно выявлять участки, опустошенные лесными пожарами. Свежие гари хорошо заметны на синтезированных цветных многозональных снимках по темному фону и расчлененному характеру границ. Регулярные визуальные наблюдения обеспечивают оценку ущерба, нанесенного народному хозяйству лесными пожарами и другими стихий-



■
Шлейфы дыма от лесных пожаров. Снимок получен с искусственного спутника Земли «Метеор-28» аппаратурой среднего разрешения в зоне 0,5–0,7 мкм

ными бедствиями, и принятие первоочередных мер по хозяйственному освоению площадей, пострадавших от пожаров, проектирование мероприятий по восстановлению лесов.

КОНТРОЛЬ ЛЕСОВ

Для охраны лесов от вредителей и болезней можно создать систему контроля, основанную на комплексном применении авиации и космонавтики. Космические средства помогают обнаружить новые **очаги вредителей и болезней леса** (по изменению цвета на снимках) и следить за развитием уже действующих, а с самолетов участки поврежденного леса локализируют и **детально** оценивают санитарное состояние насаждений. Своевременное выявление очагов вредителей и болезней леса и принятие соответствующих мер дает существенный экономический эффект.

Ежегодно в таежной зоне СССР вырубают до 2,5 млн. гектаров леса. Рубку проводят на плановой основе и в соответствии с правилами, которые предусматривают четкий регламент проведения лесозаготовок с учетом условий роста леса, надежности его последующего восстановления и сохранения полезных природных функций. По материалам космических съемок можно контролировать **соблюдение правил рубки** леса в местах промышленных лесозаготовок, устанавливать соответствие фактических мест рубки проекту эксплуатации лесов, что особенно важно для горных районов, изучать динамику восстановления вырубок.

Сильно увеличенные (более чем в 20 раз) многозональные космические снимки, полученные камерой МКФ-6 в районе озера Байкал, показали, что определение длины, ширины и площади лесосек производится с относительно небольшой ошибкой (13—17%). Безошибочно можно установить направление лесосек и расположение их на горных склонах относительно различных форм рельефа.

Перспективно применение средств космической техники и для оперативного установления **фенологического состояния** лесов (например, сроки распускания почек и цветения расте-

ний) и контроля за сезонным развитием растительности. Оперативно получаемые мелкомасштабные снимки или карты, характеризующие фенологическое состояние лесов, позволяют более правильно решать такие задачи, как прогнозирование пожарной обстановки в лесу, определение оптимальных сроков сбора семян лесных пород, планирование оптимальных сроков аэрофотосъемки, посадки леса.

В лесах расположены значительные по площади озера, болота, реки. Поэтому гидрологические исследования на континенте в целом невозможны без изучения водного режима территорий, занимаемых лесными массивами. Космические методы могут использоваться **для изучения водного режима** болот, озер и водохранилищ, ледников, структуры и изменений гидрографической сети, поверхностного стока с водоразделов и речного стока, влажности почв, загрязнения водоемов. В результате этих наблюдений можно более целенаправленно планировать комплекс лесохозяйственных и лесозаготовительных мероприятий и избежать непроизводительных затрат. Так, например, оперативное выявление затопляемых в результате паводков площадей должно обеспечить более обоснованное проектирование лесомелиоративных (берегоукрепляющих, осушительных, лесокультурных) мероприятий.

Для оценки защитной роли лесов, лесозащитных полос по предотвращению или ослаблению пыле-песчаных и пылевых бурь перспективны космические снимки, получаемые с разных летательных аппаратов, а также визуальные наблюдения. На космических снимках пыле-песчаные и пылевые бури хорошо заметны. На них регистрируется мгновенная картина их распространения на громадных пространствах, что позволяет определить размеры бурь, области развития, направления движения, районы возникновения, оценить роль лесонасаждений в ослаблении пыле-почво-песчаных потоков и бурь. Систематизация спутниковой информации об этих явлениях дает возможность при-



ступить к составлению карт географического распространения почво-песчаных частиц в атмосфере. Наличие таких карт позволит перейти к планированию природоохранных мероприятий на больших территориях. Важнейшая часть этих мероприятий — защитные лесонасаждения.

Широкое применение комплекса современных аэрокосмических средств дистанционного зондирования резко увеличивает объем работ по анализу и интерпретации съемочных материалов. В связи с этим в настоящее время начаты работы по разработке автоматизированных методов дешифрирования аэрокосмических снимков леса на основе базовых ЭВМ и оптико-электронных средств считывания, анализа и обработки съемочной информации. Уже разработаны и опробованы автоматизированные методы определения по аэрокосмическим снимкам высоты и толщины леса, его густоты и запаса на единице площади, данных о санитарном состоянии лесонасаждений.

Итак, материалы космических съемок и визуальные наблюдения из космоса в сочетании с авиационными и наземными средствами помогают эффективно решать многие задачи лесного хозяйства и охраны окружающей среды. Они позволяют по-новому планировать всю лесохозяйственную деятельность, брать в основу не обособленные участки или территории, а крупные регионы, учитывать весь комплекс природных условий, все компоненты среды.

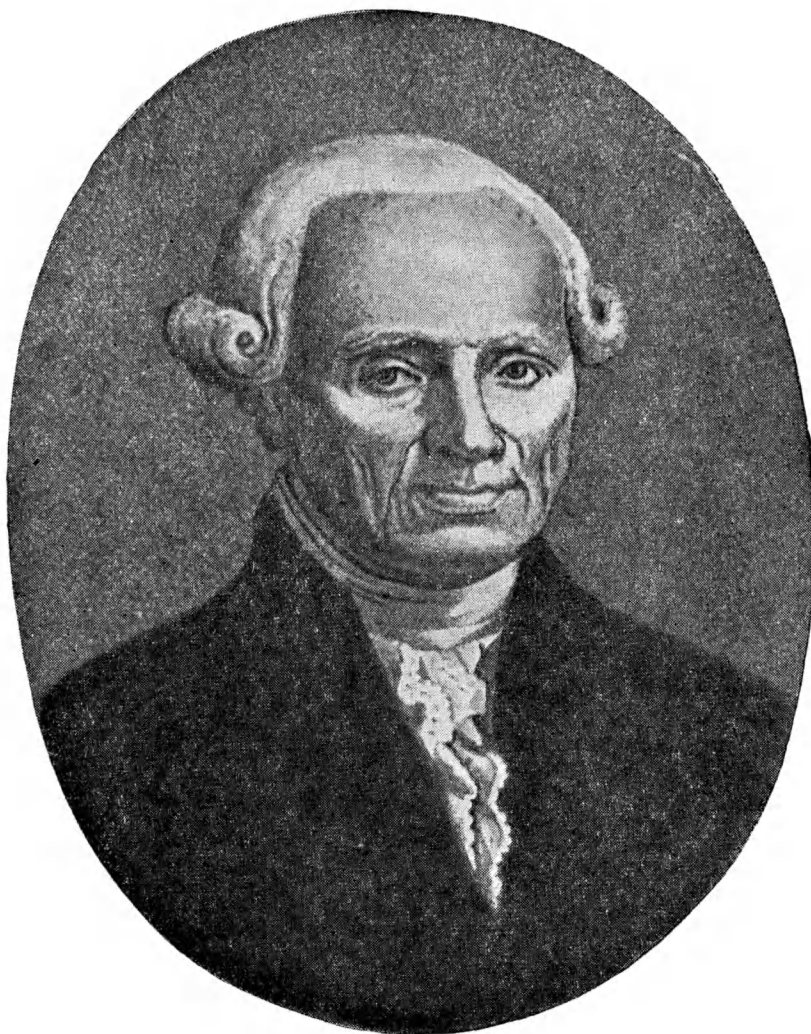


Кандидат физико-математических
наук
А. И. ЕРЕМЕЕВА

Шарль Мессье

(к 250-летию со дня рождения)

Для современного астронома имя Шарля Мессье прежде всего связано с появлением первого большого каталога 103 неподвижных туманностей*, из которых более 60 открыл сам Мессье. Опубликованный в 1771 году в «Memoirs» Парижской академии наук и вторым изданием в 1783 и 1784 годах в научном журнале «Connaissance des Temps», он стимулировал грандиозные открытия В. Гершеля, которые привели к формированию новой картины мира — «островной Вселенной». Навсегда вошедшие в астрономию обозначения многих ярких туманностей, скоплений и галактик по каталогу Мессье (М 31 — туманность Андромеды, М 42 — диффузная туманность в созвездии Ориона и т. д.) увековечили его имя прочнее, нежели немалые результаты главного дела его жизни — поиска и открытий новых комет, чем он занимался с фанатическим рвением. Но для самого Мессье каталог имел чисто вспомогательное назначение — отсеять постоянно наблюдаемые на небе некие туманные объекты, которые ошибочно могли быть приняты за кометы. Неспроста один из биографов Мессье астроном Ж. Деламбр (1749—1822) не счел нужным даже упомянуть об этом каталоге. Напротив, К. Фламарион (1842—1925) на-

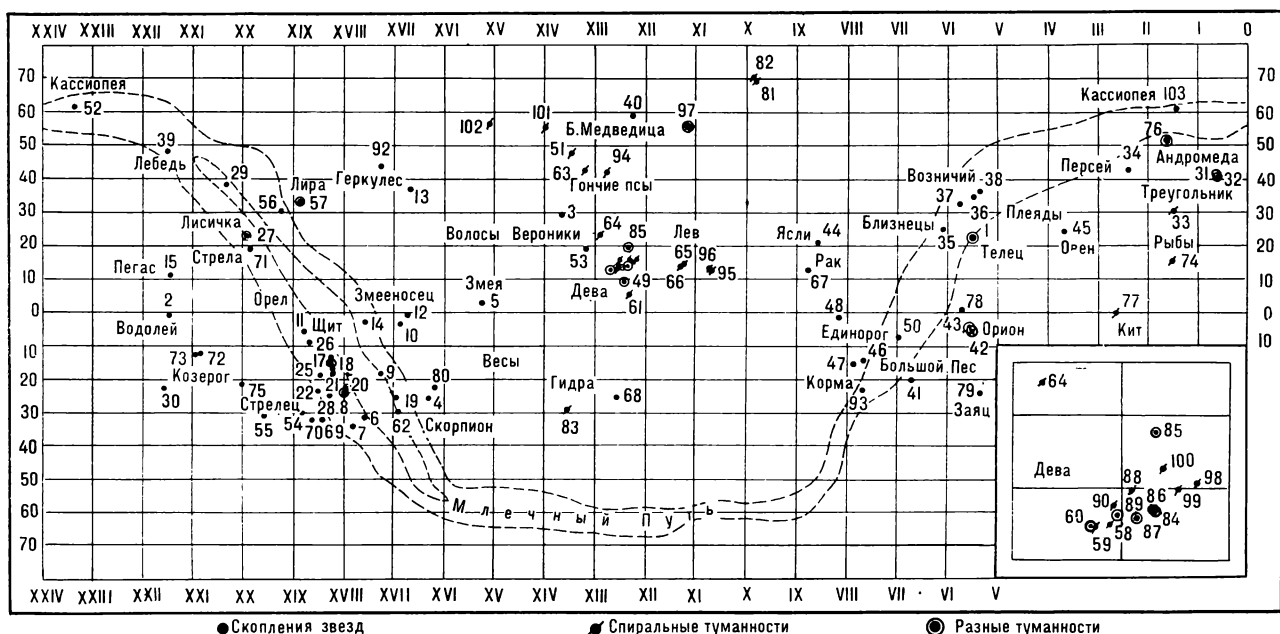


* Среди них, по подсчетам Х. Кертиса (1933 г.), оказалось 33 галактики (в основном спиральные), 27 шаровых и 30 рассеянных скопления звезд, 11 диффузных (газовых) туманностей. Лишь в двух случаях Мессье ошибочно принял за туманность близкие друг к другу слабые звезды (М 40) и, как полагал К. Фламарион, даже... одну слабую комету (М 91).

звал каталог туманностей одной из главных заслуг французского астронома. Именно по распоряжению

■
Шарль Мессье (1730—1817)

К. Фламариона на его обсерватории в Жювизи была сделана карта распределения «туманностей» Мессье по небесной сфере. «Туманности» занимают область склонений от +70 до



—34,5°, и в их распределении выявляется характерная и многозначительная в истории изучения структуры Вселенной закономерность — концентрация звездных скоплений к Млечному Пути, а галактик — к полюсам нашей Галактики.

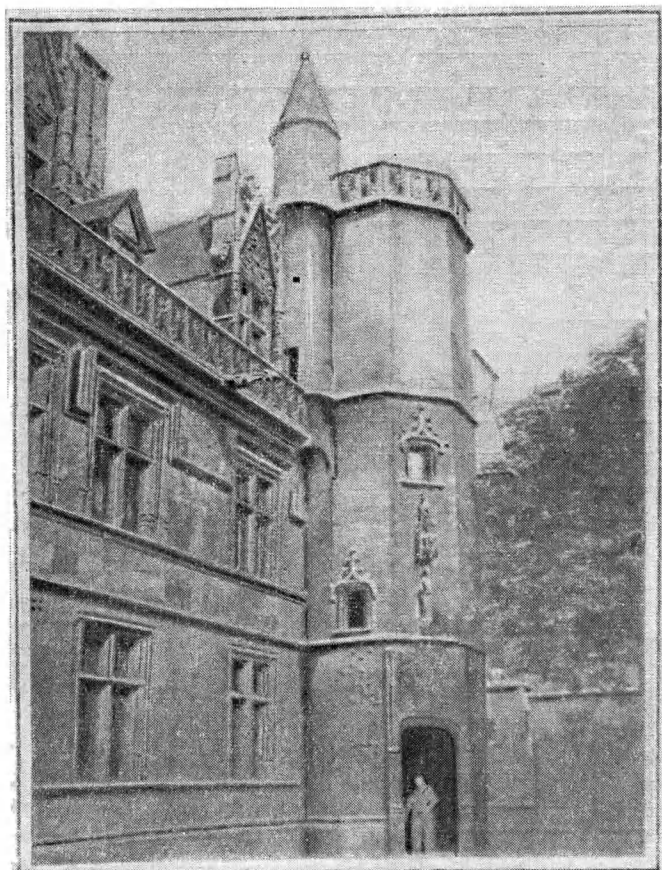
Среди своих современников Ш. Мессье прославился как «le furet des comètes». Это определение, данное ему Людовиком XV, переводят на русский язык обычно как «ловец комет». Однако правильнее было бы перевести его как «вынюхиватель комет», буквально — «кометный хорек». (Такой перевод и дан в Британской энциклопедии, — «comet ferret».) Мессье, по собственному признанию, считал себя созданным для поисков и наблюдений комет. В то же время он не занимался какими-либо расчетами или теоретическими построениями (что было недоступно ему из-за недостатка специального образования). Отчасти по этой причине Парижская академия наук — своего рода математический и небесномеханический Олимп XVIII века — долго не допускала Мессье в свои пределы и уступила лишь в 1770 году, когда Мессье приобрел всеевропейскую известность.

Шарль Мессье родился 26 июня 1730 года в городе Бадонвиллере в Лотарингии. (Эта область до 1738 года входила в Священную Римскую империю и лишь в 1766 году стала департаментом Франции.) Он был десятым ребенком в семье, где было 12 детей, из которых шестеро умерли в детстве. Отец его занимал пост мэра и судебного комиссара, но он умер, когда Шарлю исполнилось 11 лет. Поэтому Шарль Мессье мог получить лишь скудное начальное образование и уже подростком стал работать клерком в местном суде. В его дальнейшей судьбе решающую роль сыграл друг семьи аббат Телозен, придворный советник местного правителя. Он подыскал Шарлю в Париже два места работы: у прокурора или «у одного астронома» (последнему требовался чертежник — копийист). К счастью для науки, на семейном совете было выбрано второе. 23 сентября 1751 года Ш. Мессье покинул Бадонвиллер и, преодолев

350 км... за девять дней, прибыл в Париж. Астрономом, взявшим его к себе на службу, оказался знаменитый Ж. Делиль (1688—1768), который служил тогда в Морском ведомстве, занимаясь не только астрономией, но и географией. По его заданию Мессье вычертил план Парижа, карту Франции, план Великой Китайской стены. Между тем секретарь Делиля обучил Мессье астрономическим наблюдениям, и к 1753 году он уже стал опытным наблюдателем. Свой научный кругозор Мессье несколько расширил, посещая публичные лекции по физике аббата Нолле в июне 1753 года.

Необычайная аккуратность Мессье и его незаурядный талант рисовальщика немало помогали ему в астрономических наблюдениях. Мессье принадлежат наблюдения колец Сатурна, спутников Юпитера, прохождений Меркурия и Венеры по диску Солнца, но основное внимание он сосредоточил на кометах. Такое быстрое превращение чертежника в астронома вызвало даже своеобразную ревность Делиля, не позволявшего вначале Мессье публиковать свои результаты. Вместе с тем, Делиль предоставил Мессье возмож-

■ *Распределение по небесной сфере «туманностей» Мессье. (Планисфера составлена астрономом Кнессе по просьбе К. Фламмарiona к 100-летию со дня смерти Ш. Мессье)*



ность наблюдать на своей обсерватории в башне старинного монастыря Клюни. В находившейся рядом монастырской гостинице, которая арендовалась Морским ведомством, Мессье и прожил всю жизнь. В Морском ведомстве Мессье по ходатайству Делиля получил сначала место клерка, а после смерти Делиля стал в 1771 году морским астрономом.

Наблюдения Мессье проводил либо невооруженным глазом, либо с помощью небольших инструментов — ньютоновского телескопа с фокусным расстоянием 1 фут (30,5 см), с 2-футовой «ночной трубой» (род бинокля), а также с 3,5—5-футовыми ахроматическими рефракторами Д. Доллонда, которые были тогда последним словом астрономической техники.

Научным дебютом Мессье стало обнаружение — после десяти ночей тщетных поисков в неправильно ука-

занном месте — давно ожидавшейся кометы Галлея. Он наблюдал ее первым во Франции 21 января 1759 года, хотя и не первым в мире — за месяц до него ее открыл в Германии любитель и знаток астрономии крестьянин Г. Палич. А несколько раньше, при наблюдении кометы 1758 го-

Башня монастыря Клюни в Париже, где помещалась обсерватория Морского ведомства. В этой обсерватории более полувека Ш. Мессье проводил свои наблюдения

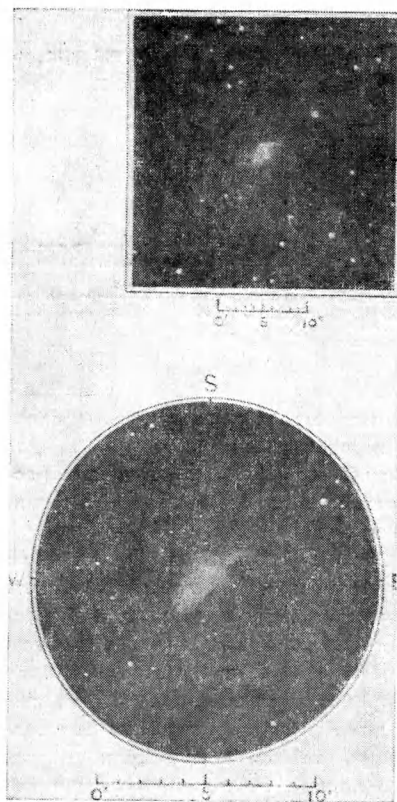
Ш. Мессье во время астрономических наблюдений. Рисунок Ш. Мессье

да, Мессье обнаружил первую туманность своего будущего каталога — М 1, получившую в дальнейшем наименование «Краба» (Крабовидная). Правда, и эта туманность не была открытием самого Мессье: в 1771 году он узнал, что еще в 1731 году ее отметил английский астроном Бевис. В последующие 15 лет, в течение которых на небе Парижа появилось 15 комет, 12 из них были независимо открыты Шарлем Мессье, причем лишь в четырех случаях его на несколько дней опережали в этом другие. За полвека своих почти непрерывных наблюдений Мессье открыл первым 13 комет (в период с 1760 по 1798 год) и еще 6 комет независимо, то есть обнаружил самостоятельно 19 комет. За свою жизнь он наблюдал не менее 38 комет, нередко последним провожая этих небесных странниц перед их исчезновением, как, например, комету

1802 года*. Очевидно, по причине «слишком большого» числа открытых Мессье комет ни за одной из них не закрепилось его имя.

Если в прежние времена (с V века до н.э.) кометы наблюдались лишь случайно, то в первой половине XVIII века благодаря таким энтузиастам, как Ш. Мессье, осуществляется нечто вроде службы комет. Одним из первых Мессье стал описывать размеры, яркость и изменения ядра или головы кометы. По его картам положений кометы среди звезд другие астрономы вычисляли ее орбиту. За свои заслуги в кометной астрономии Шарль Мессье был избран в члены не только Парижской академии наук, но также Берлинской и Петербургской академий наук и Лондонского королевского общества. Он был также членом Парижского бюро долгот. За научные заслуги Наполеон I наградил Мессье орденом Почетного легиона в 1806 году.

* Эти числовые данные основаны на каталоге комет в книге С. К. Всехсвятского «Физические характеристики комет» (М., Изд-во АН СССР 1958). Они близки к данным И. Поггендорфа и списку комет В. Ольберса, где отмечено 14 комет, якобы открытых Мессье до 1811 года.



М 1 — Крабовидная туманность. Вверху — фотография, полученная в октябре 1917 года с экспозицией 1,5 часа, внизу — рисунок Мессье, сделанный в октябре 1758 года

О своих наблюдениях Мессье оставил большое число сообщений в «Трудах» Парижской академии наук, Лондонского королевского общества и других изданиях. Шарль Мессье продолжал работать до 82 лет, когда у него сильно ослабло зрение. Лишь однажды он прервал наблюдения на целый год из-за тяжелого перелома руки и бедра, а одну комету «упустил» из-за болезни и смерти жены. За два года до кончины его разбил паралич. Умер Шарль Мессье в ночь с 11 на 12 апреля 1817 года в Париже, прожив почти 87 лет.

Ж. Лаланд еще в 1775 году сделал неудачную попытку увековечить славу Мессье, предложив ввести новое созвездие «Мессье» между созвездиями Цефея, Кассиопеи и Жирафа. Имя Мессье было увековечено позднее на Луне, в наименовании двойной кольцевой структуры в районе Моря Изобилия.

НОВЫЕ КНИГИ

НЕОБЫЧНЫЙ СЛОВАРЬ

Издательство «Мир» выпустило в 1980 году «Толковый словарь английских терминов по астрономии и астрофизике». Словарь составила один из редакторов журнала «Astrophysical Journal» — Джин Хопкинс. Предисловие к словарю написал известный астрофизик С. Чандрасекхар, который раскрыл автору «волнующую прелесть астрономии и потратил много времени на просмотр теоретических статей в окончательном варианте». Перевод с английского выполняла А. И. Халиуллина. Редактор перевода — профессор Д. Я. Мартынов.

В словаре собрано около 2300 терминов, относящихся не только к таким актуальным областям астрономии и астрофизики, как астрометрия, астроспектроскопия, звездная астрономия, космология, небесная механика, теоретическая и практическая астрофизика, но и некоторым разделам физики. В словаре для каждого английского термина приводится русский эквивалент и дается краткое объяснение на русском языке. Редактор перевода предупреждает читателей о неформальном, апеллирующем к «житейским» представлениям характере даваемых в словаре определений. Словарь

может быть использован и как англо-русский словарь, и как толковый специализированный русско-английский словарь (поскольку в книге имеется алфавитный указатель терминов на русском языке).

Словарь, составленный в ходе многолетней работы автора над рукописями статей профессиональных астрономов, содержит термины, наиболее употребительные в периодике на английском языке.

Книга будет особенно полезна студентам, специализирующимся в области астрономии и физики, а также неспециалистам, которые сумеют использовать книгу в качестве справочного пособия.



Кандидат физико-математических наук
С. Б. НОВИКОВ

Высокогорная среднеазиатская обсерватория

В начале 80-х годов планируется завершить строительство Высокогорной среднеазиатской обсерватории Государственного астрономического института имени П. К. Штернберга (ГАИШ). Обсерватория строится на изолированной горной вершине высотой 2600 м, расположенной в отрогах хребта Байсунтау (юг Узбекистана).

ГДЕ СТРОИТЬ ОБСЕРВАТОРИЮ?

Поисками места для новой обсерватории астрономы ГАИШ занялись еще в 1967 году, руководил этими исследованиями П. В. Щеглов. В то время уже существовала достаточно хорошо разработанная астроклиматическая концепция, согласно которой лучшее место для установки крупных телескопов — изолированные горные вершины («Земля и Вселенная», 1968, № 4, с. 49—52.— Ред.). Но в каком горном районе нашей огромной страны искать эти изолированные вершины? Г. В. Новикова, обработав метеорологические данные, показала, что больше всего ясных ночных часов в году (2000) в среднеазиатских республиках. Именно здесь и были выбраны для детальных астроклиматических исследований три вершины — Майданак, Санглок и Хейрабат, на которых или рядом с которыми находились постоянно действующие гидрометеорологические станции.

Одновременно в институте изготовлялись приборы для астроклиматических наблюдений. А. А. Овчинников изготовил аппаратуру, с помощью которой предполагалось определять флуктуации температуры в призем-

ном слое воздуха; автор статьи спроектировал двухлучевой прибор для визуальных измерений качества изображения звезд («Земля и Вселенная», 1968, № 4, с. 49—52.— Ред.).

Весной 1968 года в Среднюю Азию выехала комиссия, чтобы установить очередность исследования астроклимата на трех выбранных вершинах. Побывав на них, а также осмотрев встречавшиеся по пути вершины, пригодные для строительства обсерватории, комиссия пришла к выводу, что первую экспедицию следует послать на гору Санглок в Таджикистане, вторую — на перевал Тахта-Караचा (водораздельный хребет близ Самарканда). На гору Майданак члены комиссии поднимались в тридцатиградусную жару. Восемь часов подъема по плохой горной дороге на старой автомашине... Не удивительно, что у некоторых членов комиссии появились сомнения в возможности строительства здесь обсерватории. Поэтому Майданак оказался в списке последним, а Хейрабат вообще из него исключили как труднодоступную вершину. Но прежде чем исследовать астроклимат на выбранных горных вершинах, комиссия решила проверить астроклиматические условия на уже действующих базах ГАИШ — Южной станции в Крыму и Высокогорной алмаатинской экспедиции, работающей в предгорьях Тянь-Шаня.

В 1969 году экспедиция Астрономического института АН УзССР, возглавляемая В. С. Шевченко, провела первые исследования астроклимата на горе Майданак. К лету 1970 года стандартной аппаратурой по одной и той же методике были изучены все выбранные комиссией пункты. Качест-

во изображения на изолированных вершинах Санглок и Майданак оказалось значительно лучше, чем в остальных пунктах. Окончательно определить место строительства будущей обсерватории должен был ученый совет ГАИШ, который собрался для решения этого вопроса в июне 1970 года. В конференц-зале, где проходило заседание совета, не было свободных мест: судьба наблюдательной базы института живо интересовала всех сотрудников. Не обошлось без горячей дискуссии и порой чрезмерно эмоциональных споров: что лучше — Санглок или Майданак? Ученый совет решил строить новую обсерваторию на горе Майданак.

Почему отказались от Санглока? Несколько лучшее качество изображения на Санглоке (по данным двухлучевого прибора, среднее разрешение на Санглоке 0,6", тогда как на Майданаке 0,7") уступало перед значительно большим (на 400 часов) наблюдательным временем на горе Майданак. Но рядом с Санглоком расположен Нурекский энергетический комплекс, засветка ночного неба от которого в ближайшие годы обещала стать серьезной помехой при наблюдениях.

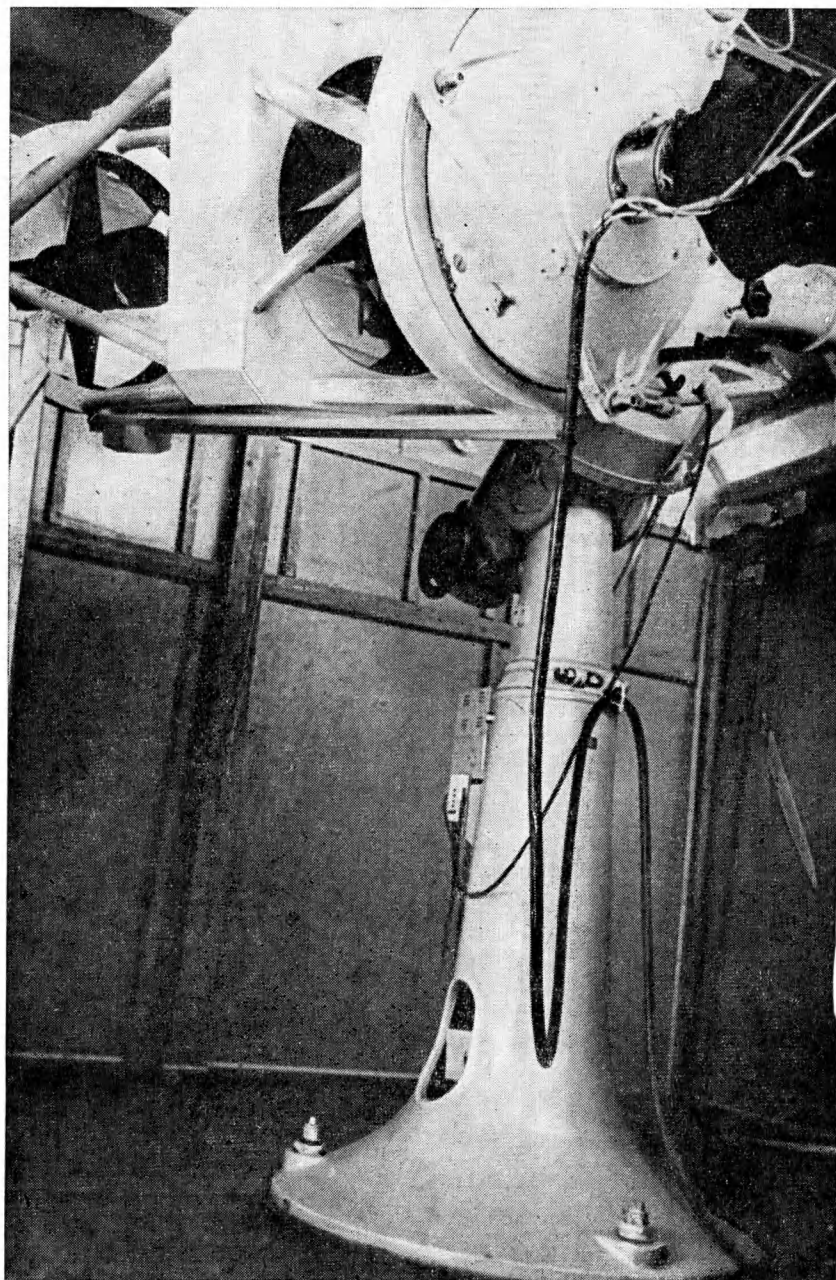
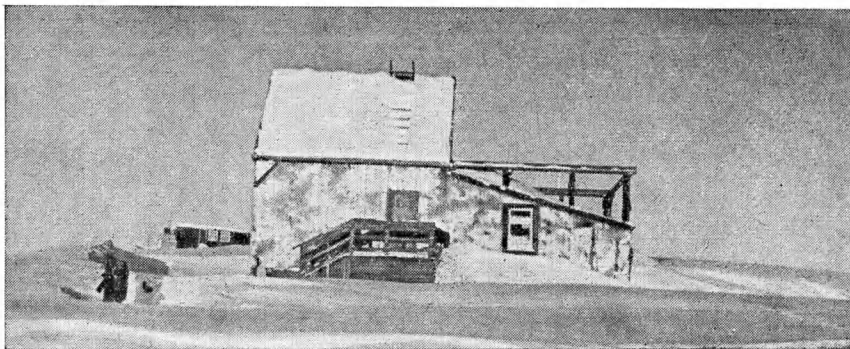
Начать строительство обсерватории на горе Майданак планировали с 1974 года. Но поездка на Майданак летом 1974 года показала, что коллеги из других астрономических институтов прошедшие четыре года не тратили времени зря. На горе Майданак уже были установлены первые телескопы, на которых велись фотометрические наблюдения, для других инструментов строились башни. «Вершина ГАИШ» еще оставалась

свободной, но там было место только для одного телескопа, а ГАИШ уже тогда предполагал оснастить обсерваторию несколькими инструментами.

К осени 1974 года перед ГАИШ, как и семь лет назад, опять стояла проблема поиска места для обсерватории. Весной следующего года на соседние с Майданакм изолированные вершины выехала астроклиматическая экспедиция ГАИШ. Установив на обеих вершинах двухлучевые приборы, мачты с датчиками флуктуации температуры и метеокомплекты для определения температуры воздуха и почвы, скорости и направления ветра, наблюдатели в строго синхронные сроки начали астроклиматические измерения. В результате проведенных исследований было обнаружено, что в целом за ночь и тем более за месяц астроклиматическая ситуация на Майданаке и соседних с ним вершинах оказалась одинаковой. Экспедиция ГАИШ установила важный для будущих обсерваторий факт: в достаточно обширном горном районе вокруг Майданака изолированные вершины с одинаковой орографией имеют сходные астроклиматические условия наблюдений.

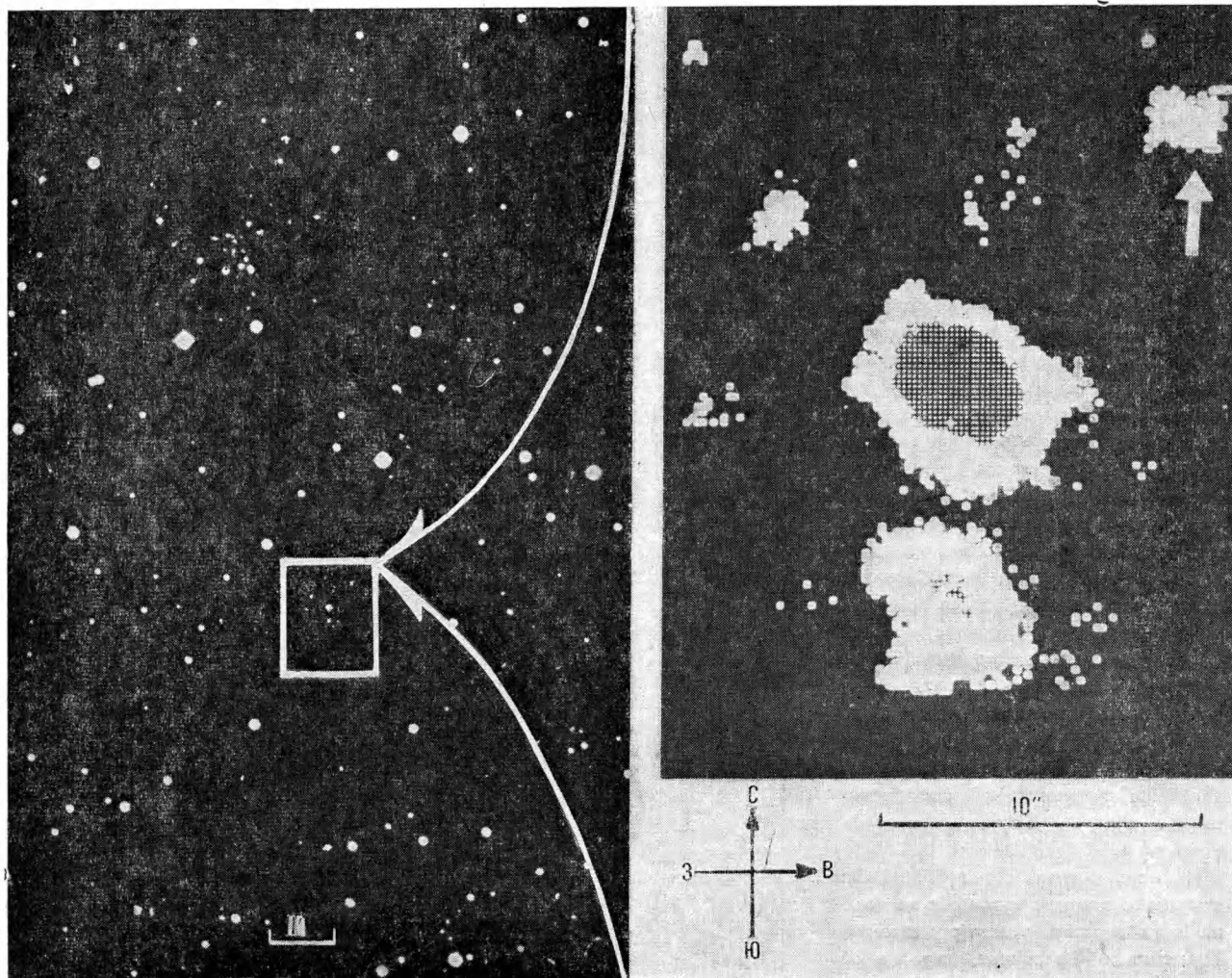
И снова ученый совет ГАИШ был поставлен перед дилеммой: на какой из двух вершин, условно названных Западная и Восточная, строить обсерваторию? Облегчили выбор экономические соображения. На Западную вершину вела дорога, и рядом с ней проходили основные коммуникации на гору Майданак. На Восточную же предстояло строить около восьми километров дороги, два из которых приходились на трудный скальный участок.

Летом 1976 года на Западную вершину были подняты два жилых вагончика, налажено электроснабжение от бензиновых агрегатов, построены подсобные помещения. Одновременно велись астроклиматические наблюдения, чтобы определить среднеста-



■
Башня телескопа Цейсс-600

■
Телескоп Цейсс-600



тистические параметры приземного слоя атмосферы. Их необходимо знать для оптимизации астроклиматического режима башни будущего телескопа.

Весной 1977 года была создана Высокотгорная среднеазиатская экспедиция ГАИШ. Ей предстояло решить научно-исследовательские и организационно-строительные задачи. Для экспедиции приобрели 600-миллиметровый рефлектор Народного предприятия «Карл Цейсс Йена» ГДР. Оптика и механика телескопов этой серии имеют достаточно высокое качество, позволяющее реализовать разрешение около $0,5''$.

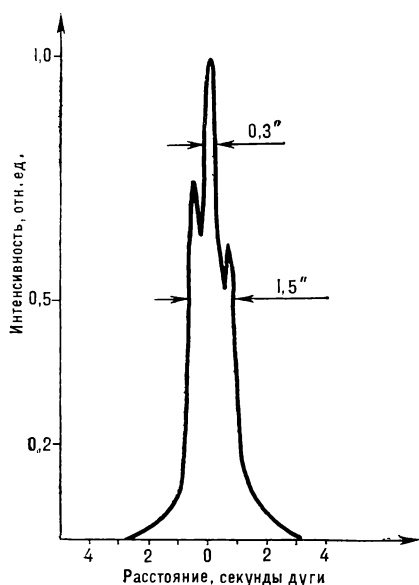
В летний полевой сезон 1977 года экспедиции нужно было построить собственными силами павильон для

телескопа Цейсс-600, два жилых сборных дома (один на верхней базе, другой — внизу, в городе Китабе) и

Участок неба вблизи туманности Андромеды со стандартными звездами до 23^m . Их величины определялись электрофотометром, установленным на 5-метровом телескопе обсерватории Маунт Паломар. Снимок получен на телескопе Цейсс-600 с экспозицией 2 часа

Результат обработки на автоматическом микрофотометре «Зенит» квадратной площадки со слабыми звездами, выделенной на предыдущем рисунке. Стрелкой отмечена звезда 21^m

временное помещение для дизельного электрогенератора. Кто начинал строить практически на пустом месте, обычно пишет о нехватке транспорта, строительных материалов, рабочей силы и т. п. Наша экспедиция, к сожалению, не оказалась исключением, но энтузиазм молодых астрономов (а именно они возглавляли строительство основных объектов) помог преодолеть все трудности. 15 октября 1977 года был окончен монтаж и проведена юстировка телескопа Цейсс-600. Телескоп был готов к наблюдениям, но приближалась зима, а строительство хозяйственных сооружений и, прежде всего, жилого дома закончить не успели. Поэтому телескоп решили законсервировать до весны будущего года.



Дорога на вершину становится прожежей для обычного (невоздеходно-го) транспорта в конце мая — начале июня. С этого времени и начинается полевой сезон на горе, продолжающийся до конца ноября — начала декабря, когда снежный покров плотно закрывает гору. В июне 1978 года были проведены работы по юстировке телескопа Цейсс-600. Телескоп был пущен в эксплуатацию 1 июля 1978 года.

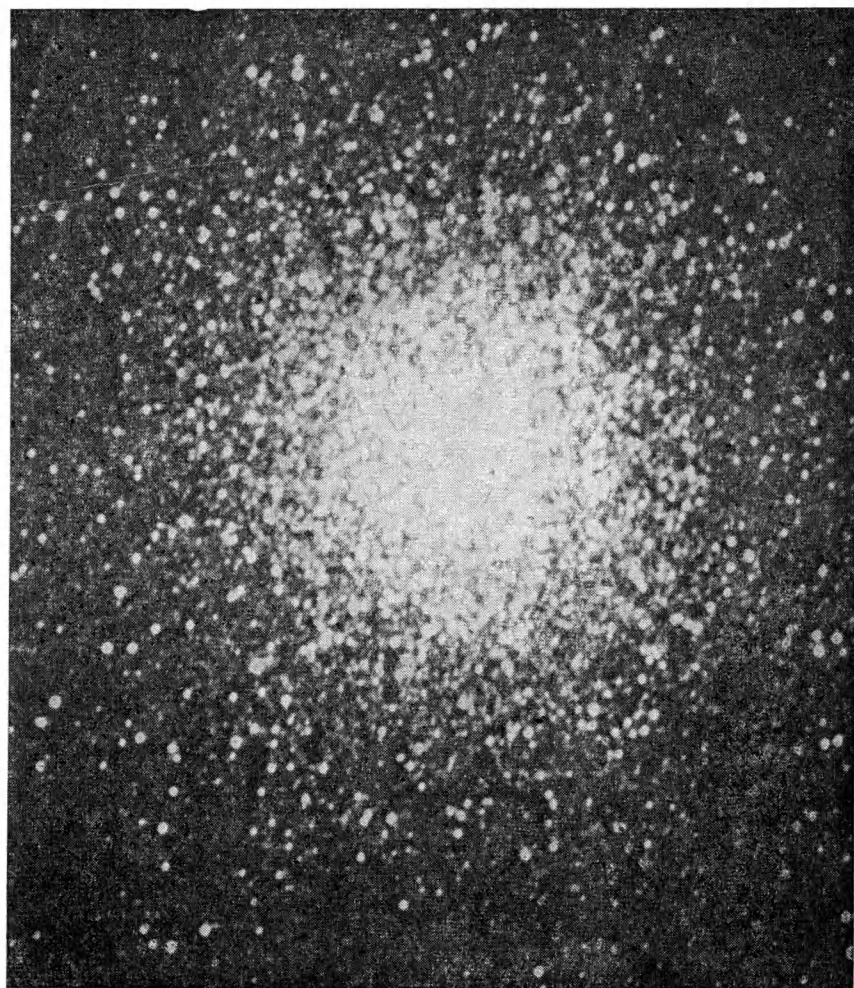
ПЕРВЫЕ НАБЛЮДЕНИЯ

Уже почти два года с небольшими перерывами на три зимних месяца ведутся наблюдения на телескопе Цейсс-600. В течение первых месяцев работы были подтверждены результаты астроклиматических иссле-

дований. Визуальное разрешение телескопа в особенно ясные ночи лучше $0,5''$ и редко бывает хуже $1''$, на прямых снимках удалось зафиксировать звезды 21^m , точность электрофотометрических измерений состав-

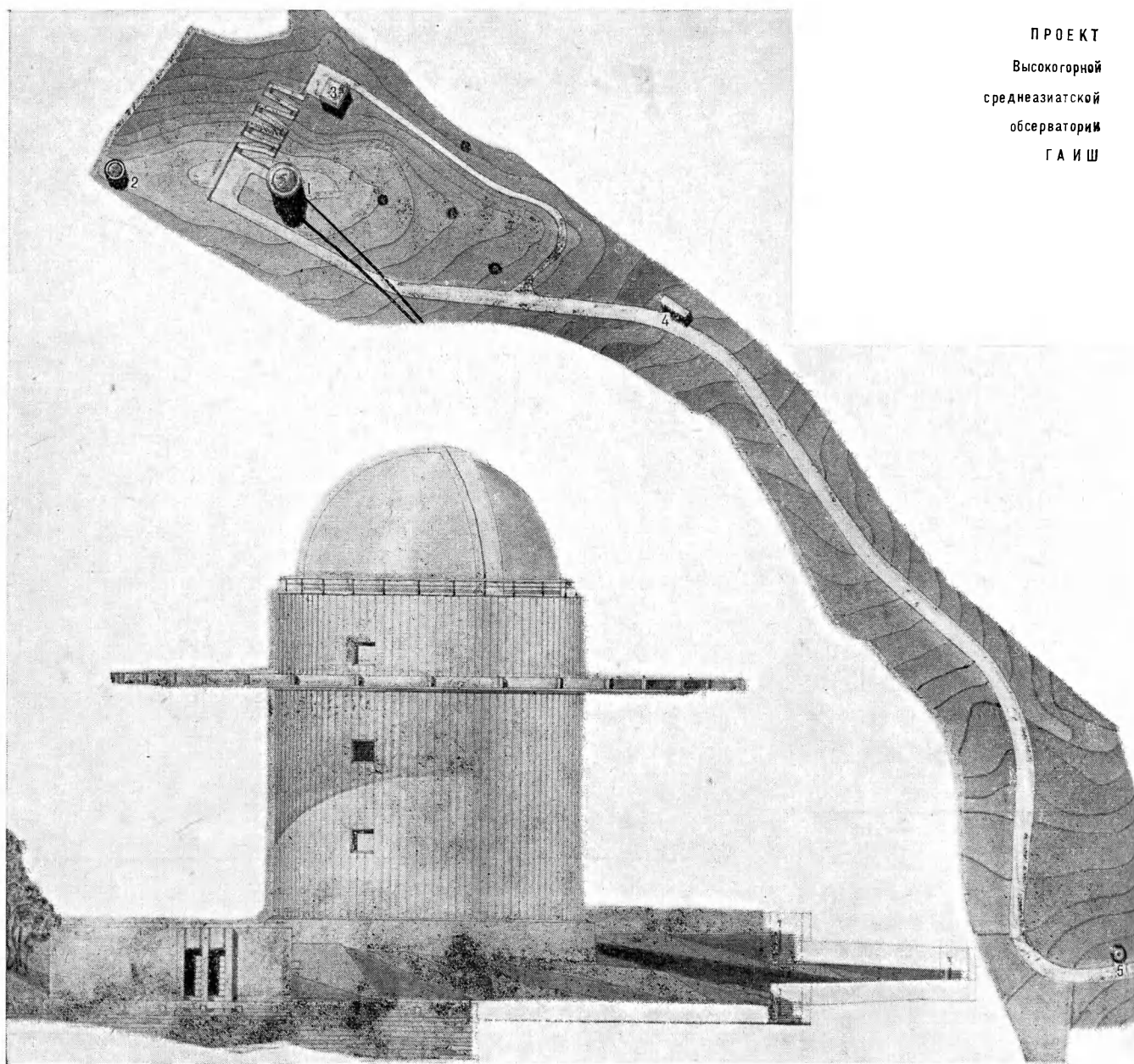
■ *Фотометрический профиль изображения звезды в фокусе телескопа Цейсс-600. Изображение было получено с щелевым фотометром. Пик шириной $0,3''$ соответствует дифракционному изображению, которое из-за aberrаций оптики телескопа увеличивается до $1,5''$*

■ *Шаровое звездное скопление M 13 в созвездии Геркулеса. Снимок сделан с помощью телескопа Цейсс-600. На негативе видны звезды до 20^m*



ляет $0,01^m$, а в отдельные ночи достигает $0,003^m$. Наблюдения на телескопе Цейсс-600 еще раз показали, что астроклимат в районе горы Майданак не хуже, а по некоторым важным параметрам даже лучше астроклимата многих обсерваторий мира. Например, средняя скорость ветра над майданакскими вершинами в 2 раза меньше, чем на вершинах Чили, где построены обсерватории Европы и США.

Специально для телескопа Цейсс-600 автор статьи сделал кассету Ричи, которая позволяет значительно уменьшить ошибки часового ведения телескопа при фотографировании с длительными экспозициями слабых небесных объектов. Диаметр поля зрения кассеты в кассегреновском фокусе $45'$. С помощью кассеты Ричи



на телескопе Цейсс-600 наблюдаются переменные звезды в ближайших галактиках, ведется поиск шаровых скоплений вокруг туманности Андромеды, фотографируются площадки неба с целью оптического отождествления радиоисточников, открытых сотрудниками ГАИШ на радиотелескопе РАТАН-600.

На телескопе Цейсс-600 удобнее всего выполнять электрофотометри-

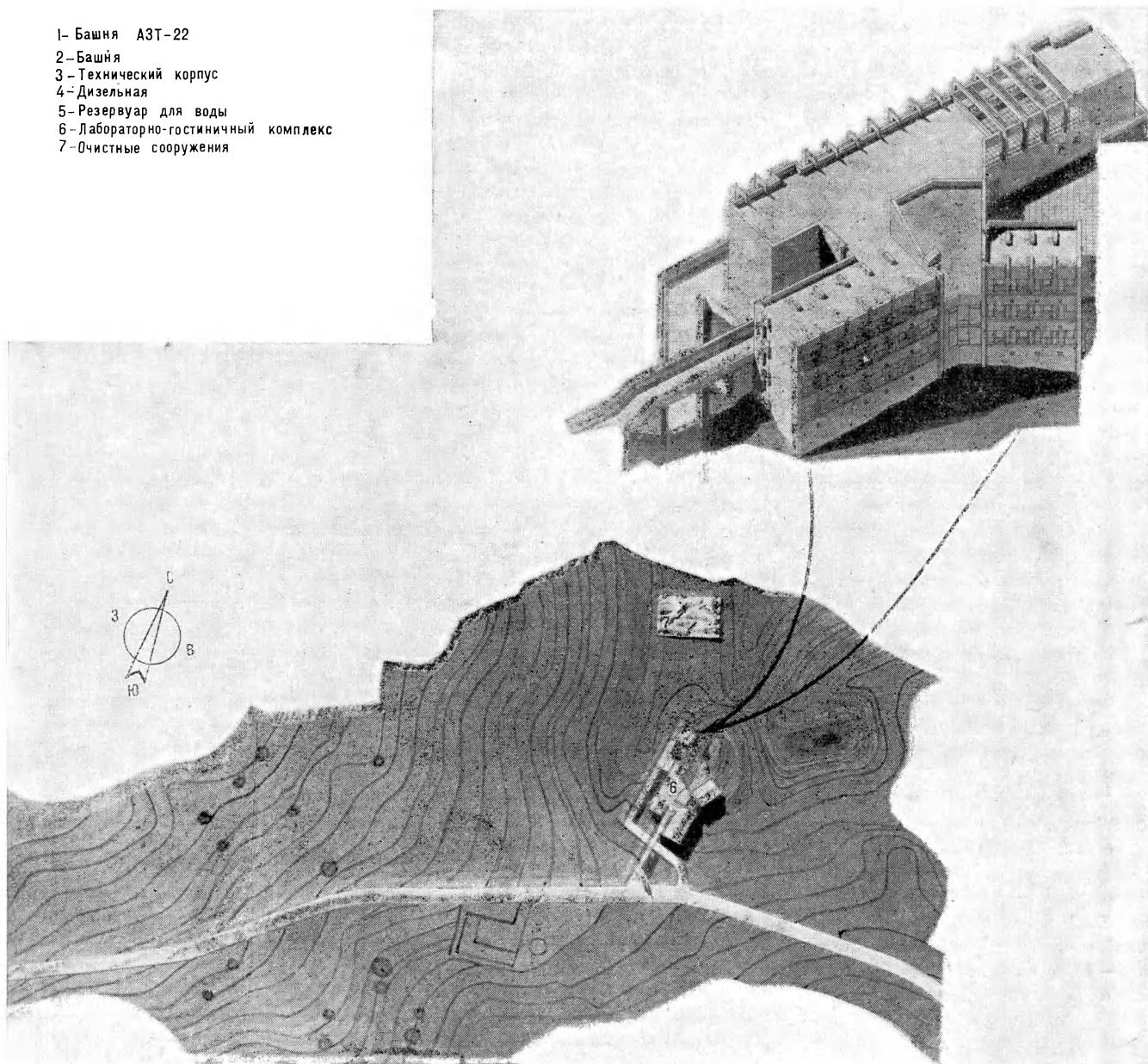
ческие наблюдения, поэтому значительная часть рабочего времени инструмента отводится электрофотометрии переменных звезд.

В. Г. Корнилов, наблюдая двойную рентгеновскую систему Лебедь X-1, обнаружил эффект микропеременности блеска с амплитудой $0,01 \pm 0,003^m$. По-видимому, эффект вызван затмением обычной звезды системы диском аккрецирующего вещества вок-

руг предполагаемой черной дыры («Земля и Вселенная», 1975, № 5, с. 34—38.—Ред.). В. Г. Корнилов получил также данные о переменности затменно-двойной звезды V444 Лебедя, на основе которых определил структуру оболочки горячей звезды типа Вольфа—Райе, входящей в эту систему.

Двойные рентгеновские системы и нестационарные звездообразные ис-

- 1- Башня АЗТ-22
- 2- Башня
- 3- Технический корпус
- 4- Дизельная
- 5- Резервуар для воды
- 6- Лабораторно-гостиничный комплекс
- 7- Очистные сооружения



точники излучения исследует С. А. Гладышев на фотометре собственной конструкции, которому доступны звезды 17—18^m. С. А. Гладышев уже получил интересные данные о переменности пекулярного источника SS 433 («Земля и Вселенная», 1980, № 1, с. 22—23.— Ред.).

А. А. Овчинников, А. П. Шабанов и автор статьи изготовили щелевой фотометр для исследования качества

изображения в фокусе телескопа. Наблюдения, выполненные в феврале — марте 1979 года, показали, что атмосфера в районе горы Майданак позволяет достичь разрешения, близкого к дифракционному пределу телескопа (0,3"), но оптика телескопа Цейсс-600 имеет значительные аберрации, из-за которых диаметр изображения звезды увеличивается до 1,5". Поэтому для ярких звезд раз-

решение телескопа лучше 0,5", а для слабых небесных объектов, которые приходится фотографировать с длительными экспозициями, разрешение хуже 1,5". Сейчас ведутся переговоры о заказе нового комплекта более качественных зеркал для телескопа Цейсс-600. Уже закончен расчет на ЭВМ главной оптической схемы телескопа и контрольных схем для аттестации оптики в цехе.

Результаты первых наблюдений демонстрируют высокую эффективность телескопа Цейсс-600 в хороших астроклиматических условиях. Сделав некоторые усовершенствования в телескопе и приемной аппаратуре, астрономы ГАИШ надеются увеличить проницающую способность телескопа на 1—1,5^m.

ПРОЕКТ ОБСЕРВАТОРИИ

Проект Высокогорной среднеазиатской обсерватории ГАИШ разработал Гипровуз совместно с ЦНИИпроектстальконструкции. Основным инструментом обсерватории будет 1,5-метровый телескоп системы Ричи — Кретьена (АЗТ-22), который создается Ленинградским оптико-механическим объединением.

Телескоп АЗТ-22 имеет несколько фокусов:

1. Фокус Ричи — Кретьена со светосилой 1:8. С двухлинзовым кварцевым корректором диаметр поля зрения телескопа составляет 45', без корректора 15';

2. Фокус Кассегрена со светосилой 1:16. С двухлинзовым кварцевым корректором диаметр поля зрения равен 10';

3. Фокус куде, выводящий световой пучок в полярную ось монтировки, со светосилой 1:45.

Согласно техническому заданию, оптика телескопа в кружке диаметром 0,3" будет собирать 75% световой энергии, а в кружке диаметром 0,5" — 90%, что всего на 20% хуже идеального дифракционного изображения.

Телескоп предполагается снабдить спектрографом, фотометром и автоматической кассетой Ричи. Управление телескопом автоматическое. ЭВМ будет наводить телескоп на объект, управлять куполом, вспомогательной аппаратурой, осуществлять первичную обработку экспериментальных данных в процессе наблюдения.

Телескоп будет установлен в башне высотой 17,5 м, диаметр ее купола 12 м. Между наружной и внешней стенкой купола расположится система активной компенсации радиационного остывания внешней дюралюминиевой поверхности купола. Эта

система равномерно подогревает поверхность купола до температуры окружающего воздуха. В башне предусмотрена также мощная система вентиляции, которая будет засасывать воздух из окружающей атмосферы через открытую щель купола, а затем специальные воздухоотводы «выбрасывать» его в соседнее ущелье, на расстояние более ста метров. Благодаря этому температура воздуха в подкупольном пространстве станет примерно такой же, как и температура наружного воздуха, и градиенты температуры окажутся минимальными. Система вентиляции должна также отводить теплый воздух от всех приборов, расположенных внутри башни.

В ста метрах к востоку от башни АЗТ-22 будет возведена еще одна башня высотой 19 м с куполом диаметром 8 м. В ней тоже предусмотрена система активной термокомпенсации радиационного остывания купола и вентиляции подкупольного пространства. В этой башне предполагается провести астроклиматические исследования для того, чтобы выбрать оптимальный режим работы системы термокомпенсации и вентиляции. Результаты этих исследований будут использованы для расчета режимов подобных систем в башне АЗТ-22 и других телескопов. Когда астроклиматические исследования закончатся, в башне установят телескоп с зеркалом диаметром около 1 м.

На расстоянии восьмисот метров от наблюдательной площадки будет построен лабораторно-гостиничный комплекс: трехэтажная гостиница, столовая и подсобные помещения. Гостиница соединена с лабораторным корпусом, в котором будут рабочие кабинеты, вычислительный центр и различные лаборатории.

Новая обсерватория расширит возможности астрономических наблюдений и, особенно, наблюдений слабых внегалактических объектов. Согласно астроклиматическому прогнозу, на 1,5-метровом телескопе удастся получить прямые снимки звезд 23—24^m и спектры объектов 18—19^m.



Последний рейс

ВETERАН ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО ФЛОТА

В русском флоте в разное время было три судна, носящих гордое имя «Витязь», и все они имели отношение к исследованию океанов. Здесь речь пойдет о последнем из них, советском «Витязе». Он — наследник традиций, продолжатель дел своих предшественников: «Витязя» первого — корвета, на котором проводил свои исследования еще Н. Н. Миклухо-Маклай, и «Витязя» второго, плававшего под славным флагом адмирала С. О. Макарова. Русский адмирал внес большой вклад в изучение океана, а его знаменитая книга так и называется «Витязь и Тихий океан» (часть этой книги — «Океанические работы» — была переиздана уже после второй мировой войны).

Но «Витязь» не только продолжатель традиций. Его плавание — целая эпоха в советской океанологии, эпоха, продолжавшаяся тридцать лет. В 1949 году, в трудные годы, когда наша страна еще не залечила раны, нанесенные войной, Советское правительство передало Академии наук СССР судно для исследовательских работ в море. И какое судно! Водоизмещением в 5700 тонн! Оно казалось огромным, поражало красотой, удобствами и, конечно, своими возможностями. Раньше на вооружении советской океанологической науки был один лишь «Персей», сделавший более 80 рейсов преимущественно в Западную Арктику («Земля и Вселенная», 1970, № 3, с. 50—58.— Ред.), да небольшие рыболовецкие суда, арендовавшиеся на короткое время. Но если на «Персее» (он был потоп-

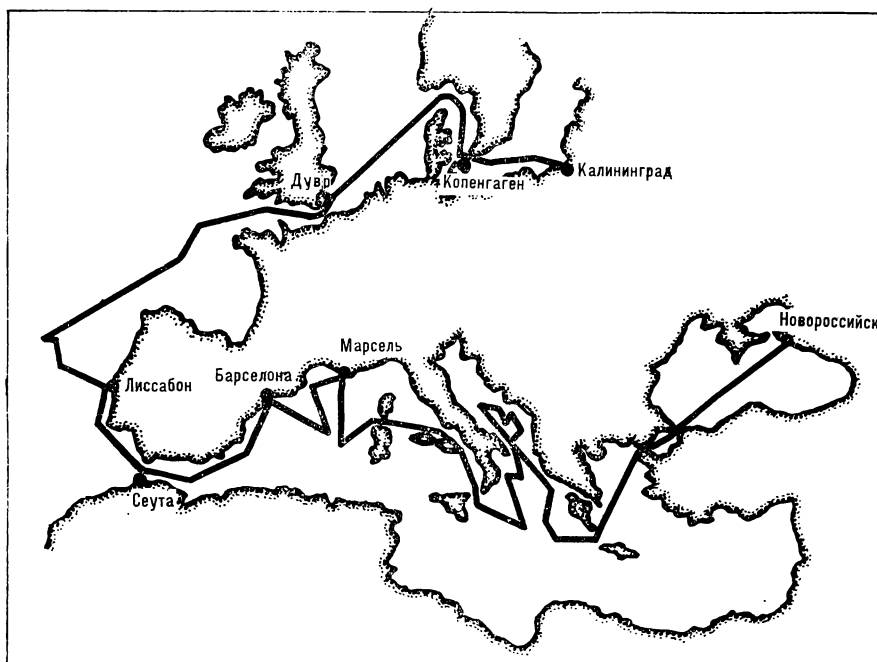
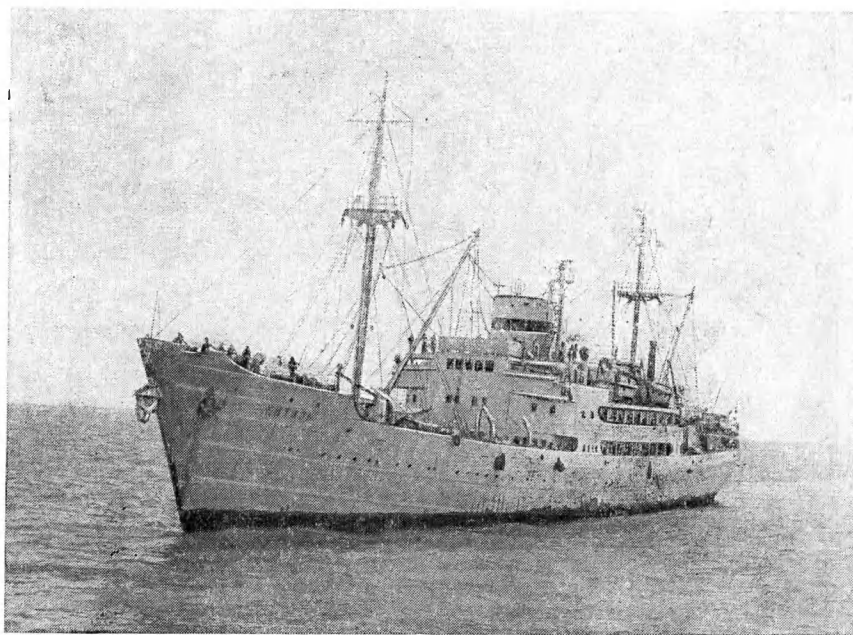
Доктор биологических наук
Л. А. ПОНОМАРЕВА

«Витязя»

лен немецкими бомбами в 1941 году) могло находиться только 12 научных сотрудников и 24 члена экипажа, то на «Витязе» работало, включая экипаж, более 127 человек. Судно имело 14 лабораторий, 7 лебедок системы «Океан», траловую и глубоководную лебедку. С «Витязя» можно было опускать приборы на любую глубину.

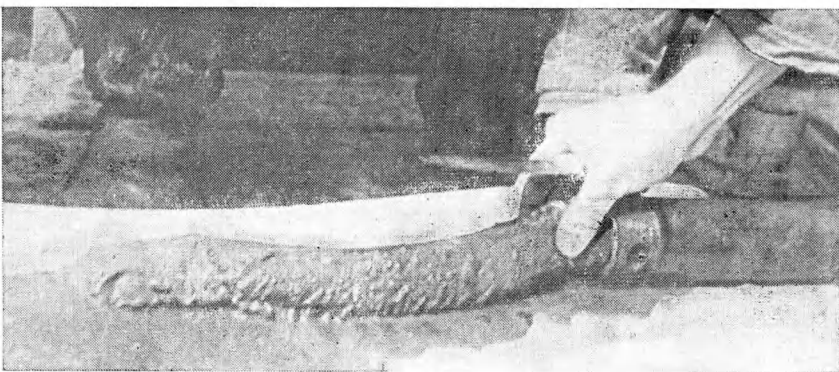
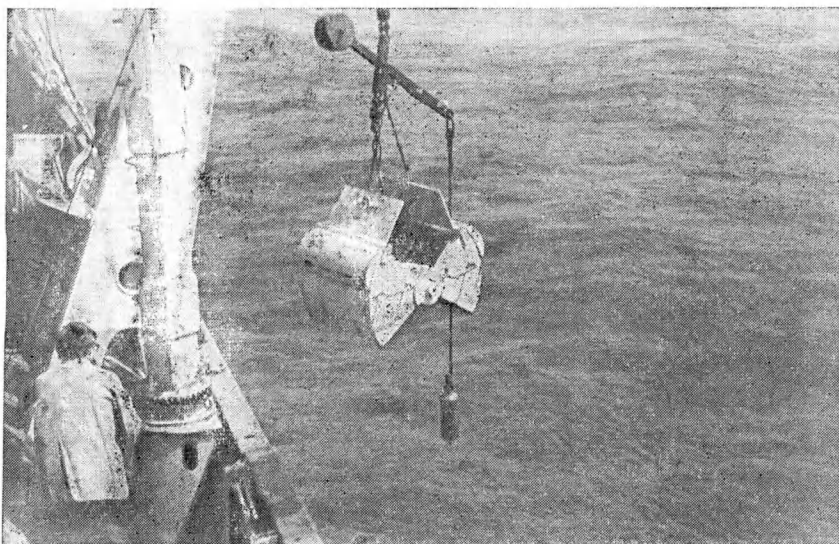
Восемь лет «Витязь» плавал в дальневосточных морях нашей страны, заходя в соседние с ними районы Тихого океана. На Дальнем Востоке еще не видели такого размаха океанологических работ. За эти годы были составлены схемы течений, температуры и солености, карты грунтов. Удалось также выяснить состав и распределение живых организмов в водной толще и на дне. И с первых же рейсов судна начались открытия. Экспедиция, изучавшая осенью 1949 года Курило-Камчатскую впадину, достала с глубины 8000 м моллюсков, иглокожих, ракообразных, а ведь считалось, что глубже 2000 м жизни в океане нет. Позднее биологи «Витязя» исследовали все впадины и разломы в Тихом и Индийском океанах и везде обнаружили живые организмы. В 1957 году во время Международного геофизического года судно развернуло сначала комплексные, а потом и специализированные работы и в Индийском, наименее исследованном к тому времени океане.

Позднее с борта «Витязя» была впервые определена максимальная глубина Мирового океана (в Марианской впадине 11 022 м), составлена точная карта донного рельефа в Тихом и Индийском океанах, дана схема основных течений, открыты под-



■
Научно-исследовательское
судно
«Витязь»

■
Маршрут последнего плавания «Ви-
тязя»



водные впадины и горы (в том числе возвышенность «Витязя»). Биологи, плававшие на «Витязе», не только доказали существование жизни на максимальных глубинах, но описали и новый тип морских беспозвоночных — погонофор («Земля и Вселенная», 1967, № 5, с. 44—52.— Ред.), составили карты-схемы распределения зоо- и фитопланктона, донных организмов,

■
Спуск дночерпателя «Океан»

■
Колонка осадочных пород, извлеченная из грунтовой трубки

Им удалось также выявить определенные зоны в вертикальном распределении фауны и показать биогеографическую зональность океана («Земля и Вселенная», 1974, № 4, с. 73—79.— Ред.).

Велик вклад «Витязя» и в практику: именно «Витязь» обнаружил скопления сайры на Дальнем Востоке, которая вскоре стала там одной из основных промысловых рыб. Были составлены карты распределения икры промысловых рыб в Беринговом и Охотском морях, схемы распределения кормового планктона. На «Витязе» также впервые разрабатывалась новая методика геофизических, сейсмоакустических, геохимических, биологических исследований. Число ста-

тей, сборников, монографий, основанных на материалах экспедиций «Витязя», достигает многих тысяч. Их венчает серия монографий под общим названием «Тихий океан» с фотографией знаменитого судна на обложке («Земля и Вселенная», 1978, № 3, с. 12—18.— Ред.).

В последние годы «Витязь» плавал не только в Индийском и Тихом океанах. Он бороздил воды Атлантики, участвуя совместно с советскими и американскими судами в международной программе исследования океана ПОЛИМОДЕ («Земля и Вселенная», 1979, № 4, с. 63—67.— Ред.).

На «Витязе» прошли хорошую исследовательскую школу молодые океанологи, многие из которых впоследствии стали крупными учеными. Здесь кроме советских океанологов работали специалисты из многих социалистических стран, а также из Индии, Австралии, США, Японии, Англии и т. д.

«Витязь» часто был посланцем мира и дружбы в разных странах и нередко посещал места, где никогда еще не видели советских людей. «Витязяне» были первыми представителями нашей страны на Новой Гвинее и островах этого района, архипелаге Гильберта, Новых Гебридах, Таити, Гавайях.

ПРОЩАЛЬНЫЙ РЕЙС

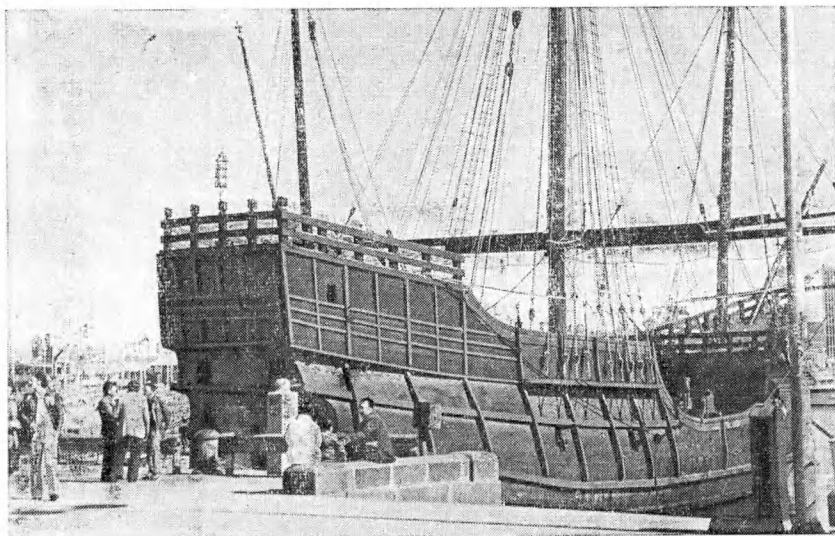
Время шло, и в феврале 1979 года мы встретились с ветераном в Новороссийске. Ему предстояло совершить свое последнее плавание. Многие из нас не были на «Витязе» давно, и теперь вместо красавца перед нами был старичок, правда, как говорят, «со следами былой красоты». Суда старятся, как и люди... 17 февраля состоялись торжественные проводы: под оркестр курсантов морского училища мы покинули Новороссийск, и вскоре горы в его окрестностях спрятались за беспокойным февральским морем. Впереди были Марсель, Барселона, Лиссабон... И в Средиземном море и Иберийской котловине Атлантики нас ждала работа.

О глубоких впадинах Средиземно-

го моря известно немного. В распоряжении океанологов стран этого региона совсем нет судов, с которых можно было бы проводить глубоководные измерения, — таких судов, как «Витязь». В Средиземном море мы исследовали почти все впадины, встречавшиеся по курсу. В результате геологи, геохимики и биологи получили много интересного материала. Особенно повезло биологам. В донной фауне они нашли много новых для Средиземного моря видов животных. Не отстали от них и ихтиологи, собравшие несколько видов батипелагических рыб, которые живут в тех слоях, куда уже не поступает солнечный свет (на глубине 6—7 тыс. м). Планктонологи же вначале не ожидали найти что-либо действительно интересное. Но вот в Лионском заливе вода в пробе оказалась зеленоватой. Под сильным увеличением удалось обнаружить желтоватоголубые клетки, очевидно, те загадочные «оливковые клетки», биологическая природа которых пока не ясна...

«Витязь» стоит на станции... Сначала работает левый борт — гидрологи, геологи, планктонологи, потом правый — спускают дночерпатель бентосники. Затем дают малый ход и опускаются орудия, работавшие на ходу, — разноглубинный трал и донный трал, различные сети. Собранный материал обрабатывают тут же, в лабораториях, и в Москву обычно привозят готовую научную продукцию — отчеты и статьи. Словом, все, как в обычном рейсе. И все же никто не забывает, что этот рейс «Витязя» последний...

Мы посетили многие страны. Побывали на Андумской биологической станции, университете и Центре подводных исследований в Марселе, в Институте рыбной промышленности и метеорологической станции в Барселоне, Институте рыбного промысла, университете, биологической станции, Гидрографическом институте в Лиссабоне, в Морском биологическом отделе Британского музея в Лондоне, в таком же отделе и Совете по изучению морей в Копенгагене. Сотрудники этих учреждений, в свою очередь, тоже побывали на «Витязе»,



ознакомились с его лабораториями и оборудованием. Кроме встреч с учеными в каждом порту устраивались пресс-конференции, где руководители экспедиции рассказывали о достижениях советской океанологии, знакомили слушателей с нашей научной литературой. Почти в каждом порту нас посещали люди, интересующиеся жизнью нашей страны.

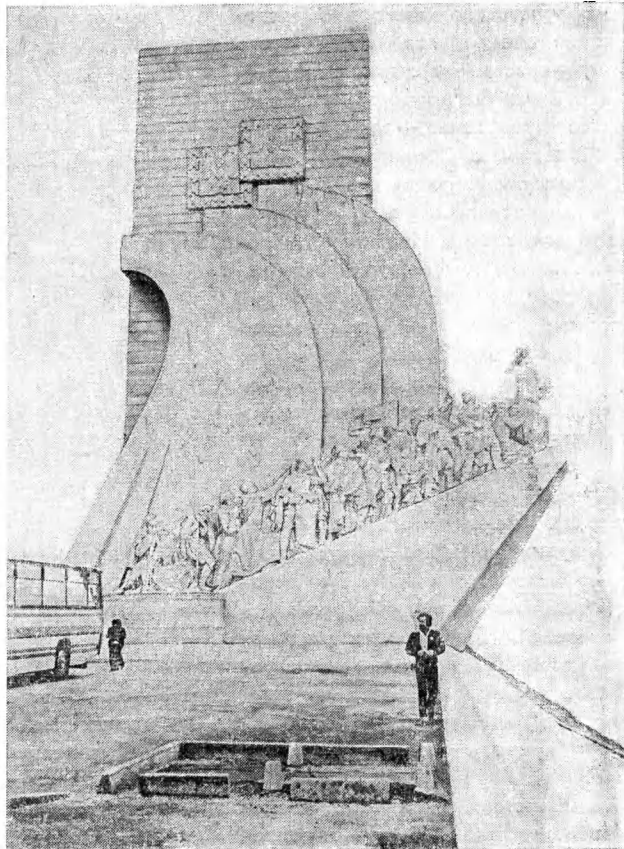
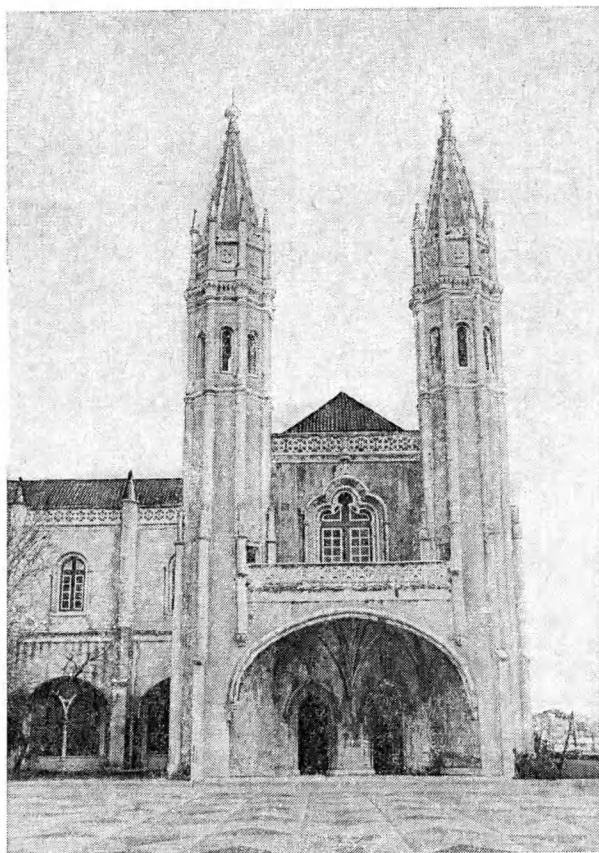
Невозможно рассказать о всех встречах и всех городах. Но расскажем о Лиссабоне, потому что еще не так давно Португалия, долгое время не имевшая дипломатических отношений с Советским Союзом, оставалась для нас страной неизвестной. «Витязь» был первым советским научным судном, посетившим Лиссабон. Здесь повсюду сохраняется память о великих соотечественниках-мореплавателях, и хотя сам город лежит не на океанском берегу, а на реке Тахо, океан здесь присутствует незримо. Еще не зайдя в порт, мы увидели белоснежный замок XVI века — Белем. Он стоит у самого уреза воды и немного напоминает Ласточкино гнездо в Крыму. Отсюда коро-

левский двор когда-то провожал в плавание галионы и каравеллы. Неподалеку другой памятник, уже современный, но поставленный в честь собитий пятисотлетней давности. Это памятник знаменитому принцу Генриху Мореплавателю, который в XV веке, хотя сам и не выходил в море, но был организатором путешествий для поиска новых земель. Памятник представляет собой нос старинного корабля, вдоль которого стоят мореплаватели. Его называют памятником навигаторам.

Подальше от берега реки высится красивое длинное здание, богато украшенное резьбой и каменными статуями. Это — монастырь св. Иеронима, построенный по приказу того же Генриха Мореплавателя в начале XVI века. Как монастырь он не функционирует уже давно, но сам собор — действующий и в нем можно увидеть две мраморные гробницы — Васко да Гама и поэта Камозенса, правда, чисто символические. В помещениях монастыря размещены два музея — морской и этнографический.

Самое древнее здание в городе — замок св. Георга (XII в.). Здесь помещается туристическое бюро и нечто вроде маленького зоосада с птицами, а вокруг — небольшой парк. Очень интересны в городе тротуары,

Макет каравеллы Колумба в Барселоне



они выложены небольшими квадратными камешками или керамикой, преимущественно светлой. Иногда из темно-серого камня выложен узор или номер дома. По узким улицам, «взлетающим» вверх и резко «падающим» вниз, бегают трамваи — наиболее распространенный здесь вид транспорта.

Дома в городе в основном старые, современных гигантов из стали и стекла почти нет. Иногда кажется, что время здесь остановилось. Но

■
Музей этнографии, размещенный в здании бывшего монастыря св. Иеронима

■
Памятник навигаторам в Лиссабоне

это только кажется. Португалия живет бурной жизнью, что отчетливо видно по надписям на стенах и каменных заборах, отражающим напряженную борьбу различных политических партий. Многие из них, в том числе и фашистские, в целях маскировки используют коммунистические лозунги и эмблемы, ведь фашизм в Португалии теперь не популярен. Лиссабон был единственным портом, где во время стоянки на борту «Витязя» все время находился полицейский и где пропуск для посещения судна надо было получить в полиции. Тем не менее к нам приходили и ученые из Института рыбного промысла, и члены Общества дружбы с СССР, и простые португальцы...

Вечером 27 марта сияющий огнями Лиссабон остался позади. Приближалось 1 апреля — 30-летний юбилей «Витязя» — и на борт его посту-

пали все новые и новые поздравления. Поздравления от Президиума Академии наук СССР, от ЦК ВЛКСМ, от видных ученых, от старых и молодых «витязян», от всех, кто хотя бы раз каким-то образом «прикоснулся» к «Витязю».

...Позади Лиссабон, Лондон, Копенгаген. Позади отчаянная качка в Бискайском заливе, опаснейшие крошечные туманы Зунда, во время которых только чудом суда не налетают друг на друга. Но старик «Витязь» не подвел. 24 апреля 1979 года он подошел к Калининграду. Здесь закончился его последний 65-й рейс и... его жизнь как научного судна. Вскоре на «Витязе» будет устроен океанологический музей.

НОВЫЕ РЕЙСЫ «ГЛОМАРА ЧЕЛЛЕНДЖЕРА»

В мае 1979 года завершился 66-й рейс научно-исследовательского судна «Гломар Челленджер», в котором принимали участие ученые из США, ФРГ, Чили, Великобритании, Японии, Франции и Австрии. Экспедиция изучала строение и геологическую историю дна Тихого океана у южного побережья Мексики. В 70 милях от Акапулько было пробурено восемь скважин. Здесь участок ложа океана (Кокосовая плита) соприкасается с Североамериканской плитой, охватывающей юг Мексики и Центральную Америку. Частые землетрясения на границе плит указывают, по мнению сторонников гипотезы дрейфа континентов, на погружение океанической Кокосовой плиты под континентальную Североамериканскую. Предполагают, что часть осадочных пород морского дна в пределах глубоководных желобов поглощается здесь глубинными недрами вместе с погружающейся плитой. Остальные осадки как бы соскребаются надвигающейся сверху плитой и «налипают» на нее (процесс субдукции). Поднятые на борт судна колонки грунта как будто указывают, что такой процесс действительно происходит.

При бурении в нескольких скважинах удалось обнаружить газовые гидраты — льдообразные вещества, формирующиеся при взаимодействии газа (обычно метана) с водой при низких температурах и высоких давлениях. Иногда такие гидраты служат потенциальными источниками горючих газов.

Данные, полученные в 66-м рейсе, позволяют проследить геологическую историю района. Около 20 млн. лет назад море покрыло древние континентальные породы, которые ранее были обнажены и подвергались эрозии на уровне поверхности воды. Почти 5 млн. лет окраина континента погружалась, затем стала подниматься и к настоящему времени поднялась почти на 5 км. Вероятная причина такого подъема — «налипание» осадочных пород снизу на Североамериканскую плиту.

В конце июня 1979 года закончился 67-й рейс «Гломара Челленджера». В работах участвовали специалисты из США, Франции, ФРГ, Японии и СССР. Объектом изучения был район Тихого океана вблизи Срединно-Американского желоба, вдоль которого земная кора океанического дна медленно погружается под земную кору Центральной Америки. Субдукция охватывает Кокосовую плиту, занимающую небольшую часть дна Тихого океана, и надви-



гающуюся на нее Карибскую плиту, на которой расположено побережье Гватемалы. Удалось установить, что возраст океанических осадочных пород в Срединно-Американском желобе близок к 20 млн. лет. Породы, проследенные в разрезе Срединно-Американского желоба, делятся на океанические и континентальные. Океанические содержат осадки, которые несут в себе отчетливые следы передвижения Кокосовой плиты на север и свидетельствуют о погружении океанической коры. В континентальных породах обычная последовательность слоев нарушена там, где эти породы изогнуты и входят в область желоба.

В 67-м рейсе были обнаружены клатраты — вещества, содержащие природный газ и воду. Они найдены на обращенной к суше стороне желоба. В 20 км от берега в открытом море есть мощный (170 м) слой ила сухопутного происхождения, а также бентосные фораминиферы, обычно не встречающиеся на больших глубинах.

В июле 1979 года «Гломар Челленджер» совершил специальный двухнедельный рейс, посвященный исследованию строения и геологической истории морского дна в Тихом океане между побережьем Эквадора и островами Галапагос. Магнитные характеристики местных пород указывают на то, что район сформировался, по-видимому, 5,5 млн. лет назад вдоль Костариканского рифта. В рейсе была пробурена всего одна скважина (глубина 261 м) и все эксперименты проводились только в ней. Согласно полученным образцам, осадочные породы здесь состоят в основном из скелетов микроорганизмов. Плотность пород возрастает с глубиной, самые нижние слои сложены кремнистыми соединениями. Их образование в условиях столь малых глубин и за такое короткое время можно объяснить лишь особыми местными условиями, например, необычно интенсивным тепловым потоком из недр Земли. Бурением было пройдено

72 м базальтовых пород, подстилающих осадки. Как и следовало ожидать, эти вулканические породы составляют слой различных лавовых потоков. В скважину опускали специальное ультразвуковое устройство, с помощью которого изучались ее внутренние стенки: осадочные породы и слои базальтов.

В этом специальном рейсе впервые на борту «Гломара Челленджера» использовался советский магнитометр. С его помощью обследовали всю глубину скважины и получили магнитную характеристику пород. Установлено, что два нижних мощных слоя лавы отложились в период, когда магнитное поле Земли имело направление, противоположное современному. Регистрация гамма-радиации показала, что породы содержат вулканический пепел. Были также проведены измерения плотности, пористости, электропроводности пород. Исследовались химические свойства воды, заключенной в порах.

В рейсе принимали участие специалисты из США, СССР и Великобритании.

В ноябре 1979 года завершился 68-й рейс «Гломара Челленджера». Он проходил от острова Кюрасао (Карибское море) через Панамский канал до порта Гуаякиль на Тихоокеанском побережье Эквадора. В экспедиции принимали участие специалисты из США, ФРГ и Великобритании.

Новое гидравлическое устройство, использовавшееся в рейсе, позволяло поднимать колонки донного грунта, не нарушая их мелкой слоистости. В результате собраны данные о процессах, происходивших на дне Карибского моря и в восточной части Тихого океана за последние 8 млн. лет. Впервые в одной колонке грунта удалось проследить последовательность всех геомагнитных и биологических событий за такой длительный период. Это позволяет понять, как изменялось направление геомагнитного поля, зафиксированного в осадках, а также установить время вымирания ископаемых микроскопических морских организмов.

«Deep Sea Drilling Project» (Scripps Institution of Oceanography), 1979, 283, 286, 287, 288.



Кандидат физико-математических наук
В. В. ШЕВЧЕНКО

Проблемы астрофизических исследований Луны

25—29 сентября 1979 года в Абастуманской астрофизической обсерватории АН ГрузССР состоялось Всесоюзное научно-координационное совещание по проблемам астрофизических исследований Луны. Его организаторами были Астрономический совет АН СССР, Государственный астрономический институт имени П. К. Штернберга и Абастуманская астрофизическая обсерватория АН ГрузССР.

Несмотря на бурное развитие прямых методов исследования Луны, дистанционное изучение природы лунной поверхности остается действенным инструментом познания. Данные, полученные непосредственно на Луне, и данные орбитальных или наземных наблюдений часто дополняют и обогащают друг друга («Земля и Вселенная», 1979, № 1, с. 22—29.—Ред.). Астрофизические методы — основные при дистанционном исследовании лунной поверхности. С их помощью можно выполнять глобальное районирование Луны и выделять природные комплексы, изучение которых может дать ответ на принципиальные вопросы происхождения и истории Луны.

Обсудить проблемы астрофизических исследований Луны собрались представители восемнадцати научных учреждений из восьми городов страны. В работе совещания участвовали сотрудники астрономических обсерваторий и институтов, а также учреждений, ведущих научные исследования в области геологии и геохимии, картографии и географии.

Совещание открыл президент Академии наук ГрузССР, директор Абастуманской обсерватории Е. К. Харад-

зе. Доклад о современном состоянии и перспективах астрофизического направления лунных исследований сделал В. П. Джапиашвили. Он отметил, что в различных учреждениях нашей страны астрофизическими методами получены важные результаты. Астрономы Абастуманской обсерватории завершили обширный комплекс поляриметрических наблюдений Луны. В Государственном астрономическом институте имени П. К. Штернберга выполнены фотометрические исследования Луны с использованием материалов космических съемок. Заключается составление спектрозональных и поляриметрических карт видимого полушария нашего естественного спутника. Сотрудники Главной астрономической обсерватории АН УССР на основе спектрофотометрических данных оценили процентное содержание окиси титана в лунном грунте для большого числа участков видимого полушария Луны. Наш естественный спутник наблюдался в сантиметровом диапазоне волн на радиотелескопе РАТАН-600 Специальной астрофизической обсерватории АН СССР. В результате этих наблюдений будут построены «тепловые» карты и выявлены возможные температурные аномалии на Луне. Фотографические наблюдения проводятся на 70-сантиметровом телескопе Астрофизического института АН КазССР. Эти наблюдения положены в основу карт цвета десяти избранных областей видимого полушария Луны. Цветовые и спектральные характеристики многочисленных деталей лунной поверхности, в том числе мест посадок космических аппаратов «Луна» и «Аполлон», определены в

процессе наблюдений, выполненных в Астрономической обсерватории Харьковского государственного университета. Обращенное к нам лунное полушарие отображено также на двух цифровых картах цвета, созданных сотрудниками этой обсерватории.

Важное значение для развития астрофизических исследований имеют работы, которые астрономы выполняют в содружестве с геофизиками и картографами. В Астрономическом совете и Институте геохимии и аналитической химии АН СССР произведены расчеты моделей перемешивания реголита. В Институте физики Земли АН СССР разработана модель внутреннего строения Луны, в которой учтены современные данные прямых и дистанционных исследований естественного спутника. Сотрудники Центрального научно-исследовательского института геодезии, аэросъемки и картографии осуществляют типологическое районирование лунной поверхности на основе данных наземных и космических съемок. Карта распределения нестационарных явлений, карта тепловых свойств поверхности, карта-схема тепловых аномалий видимого полушария Луны составлены в Московском институте инженеров геодезии, аэрофотосъемки и картографии. Карты имеют единую математическую основу и одинаковый масштаб. В Институте геохимии и аналитической химии АН СССР и в Астрономической обсерватории Харьковского университета исследовались особенности отражения света от образцов лунного грунта, доставленных автоматическими станциями «Луна-16, -20 и -24».



Участники совещания обсудили различные проблемы астрофизических наблюдений Луны. Успехам лунной фотометрии посвятил свое выступление автор статьи. Фотографическая фотометрия космических снимков Луны позволила измерить величину «эффекта оппозиции», то есть резкого увеличения яркости деталей лунной поверхности в истинное полнолуние. Как известно, настоящее полнолуние с Земли не наблюдается. При фазе, несколько меньшей 1° , уже начинается затмение. Поэтому измерить яркость Луны и деталей ее поверхности в фазе истинного полнолуния можно только с помощью космических аппаратов. В результате фотометрического изучения обратного по-

лушария Луны составлена карта альбедо, охватывающая 80% лунной поверхности. Детальное исследование распределения яркости по видимому диску Луны при различных фазовых углах привело к построению пространственной индикатрисы рассеяния света лунной поверхностью. Уточнены фундаментальные фотометрические характеристики Луны — звездная величина в полнолуние ($-12,88^m$), величины геометрического (0,147) и сферического альбедо (0,075).

Л. А. Акимов сделал обзор спектрофотометрических и колориметрических исследований Луны. Для тематики наземных наблюдений видимого полушария Луны сейчас характерны широкое использование спектрозональной съемки и исследование распределения энергии в спектрах излучения, отраженного отдельными деталями лунного рельефа. Во время наблюдений, которые проводились на отечественных и зарубежных обсерваториях, астрономы обнаружили зависимость между спектральной яр-

костью объектов и основными типами лунных пород. Карты цвета, показывающие разность яркости одних и тех же участков Луны в различных длинах волн, позволяют предварительно оценить, какими породами сложена поверхность изучаемых районов.

Результаты поляриметрических исследований Луны были освещены в докладах В. П. Джапиашвили и А. Н. Короля «О поляриметрическом атласе Луны» и О. И. Кварацхелия «Поляриметрические исследования Луны». Давно известно, что свет, отраженный лунной поверхностью, называется частично поляризованным. В общем потоке отраженного Луной света, где колебания волн происходят во всех направлениях, выделяется пучок лучей с волновыми колебаниями в одной определенной плоскости. Измеряемая специальными приборами степень поляризации лунного света зависит от фазы и неодинакова для различных образований на поверхности. Природа описанного явлe-

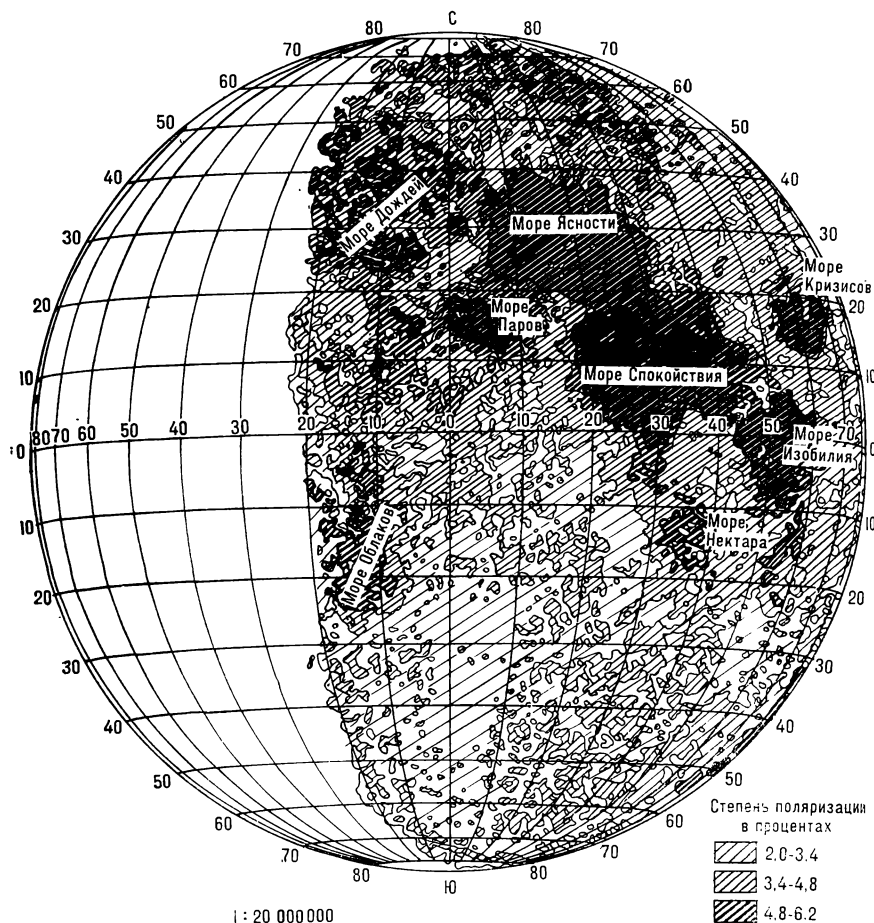
Президиум Всесоюзного научно-координационного совещания по проблемам астрофизических исследований Луны. Совещание открывает президент Академии наук ГрузССР Е. К. Харадзе

ния до конца еще не выяснена, поэтому так актуальны поляриметрические наблюдения.

Благодаря оригинальной методике и аппаратуре в Абастуманской астрофизической обсерватории достигнута полная автоматизация и высокая точность как самих поляриметрических наблюдений, так и их обработки. На протяжении ряда лет под руководством В. П. Джапиашвили было разработано и изготовлено несколько типов поляриметрических приборов. Наиболее эффективным оказался многоканальный полярвизор-дискриминатор, который предназначен для одновременного измерения степени поляризации и угла плоскости поляризации по диску Луны в различных фазах. Полярвизор-дискриминатор применяется в комбинации с 40-сантиметровым рефрактором. Изображение Луны в фокальной плоскости телескопа разворачивается сканирующим устройством и поступает в анализатор. На выходе прибора формируется поляризационное изображение Луны.

Поляриметрический атлас составлен впервые в мировой астрономической практике. На его 21 карте представлена динамика изменений максимальной степени поляризации в зависимости от фазы Луны. В распределении поляризации по диску Луны выявляются закономерности, которые можно связать с формами рельефа. Вместе с тем, некоторые детали поляризационной картины не ассоциируются с топографическими подробностями. Несомненный интерес вызывает также детальное изучение зависимости степени поляризации объектов от их альбеда. Карты, вошедшие в атлас, отличаются высоким качеством картографического исполнения.

Полнота и достоверность представлений о природе отдельных районов Луны определяются не только качеством доступной информации, но и ее разнообразием. В своем докладе А. Т. Базилевский показал, насколько перспективны комплексные программы изучения Луны астрофизическими и геологическими методами. Примером могут служить исследования, выполненные в кратере Лемонье



«Луноходом-2», или оптические исследования районов посадки автоматических станций «Луна-16, -20 и -24», а также измерения отражательных свойств образцов, доставленных на Землю этими аппаратами. По мнению участников совещания, в ближайшее время следует разработать согласованную систему параметров, определяющих фотометрические и спектро-

фотометрические свойства лунной поверхности. Необходимой становится и система диагностических признаков, которые позволят, исходя из лабораторных исследований грунта, вести дистанционное изучение лунной поверхности астрофизическими методами. Участники совещания высказались за дальнейшее развитие тематического картирования Луны.

Успешной работе Всесоюзного научно-координационного совещания по проблемам астрофизических исследований Луны во многом способствовало внимание со стороны руководства Абастуманской обсерватории и ее директора, члена-корреспондента АН СССР Е. К. Харадзе, который принимал самое активное участие во всех заседаниях и в разработке итоговых документов совещания.

■
Поляриметрическая карта Луны, составленная в Институте географии имени Вахушти АН ГрузССР по материалам наблюдений, которые проводились в Абастуманской астрофизической обсерватории. Более темный цвет на карте соответствует большей степени поляризации. Свет, отраженный от морских областей, поляризован сильнее

НОВЫЕ КНИГИ

ШКОЛЬНИКАМ О КАРТИНЕ МИРА

В 1979 году издательство «Просвещение» выпустило книгу В. Н. Комарова «Атеизм и научная картина мира». Книга адресована учащимся старших классов, владеющим не только определенной суммой знаний из различных областей естествознания, но и сведениями об основных законах и категориях марксистско-ленинской философии. Автор поставил перед собой задачу «помочь читателю с атеистических, диалектико-материалистических позиций понять современную научную картину мира, оценить различные явления в естествознании, разобратся в подлинной сущности современных взаимоотношений науки и религии».

В первой главе «Великое противостояние» рассказывается о том, на чем держатся религиозные представления и как они могут быть опровергнуты на основе всей истории познания мира, раскрывается сущность противостояния науки и религии.

Во второй главе «Наука и действительность» дается представление о научной картине мира как основе мировоззрения, показывается роль наблюдений и экспериментов в научном познании природы.

В третьей главе «От тайны к тайне» говорится об изменении научных представлений как необходимым условием прогресса науки, раскрывается сущность и значение научных революций.

В четвертой главе «Загадки мироздания» читатель знакомится со многими интересными проблемами физики, астрофизики, внегалактической астрономии и космологии.

В пятой главе «Человек и мир» человечество нашей планеты рассматривается как космическая цивилизация, деятельность которой протекает с учетом явлений и процессов, происходящих во Вселенной.

ОХРАНА ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ

В 1980 году в издательстве «Наука» вышла книга И. М. Кутырина «Охрана воздуха и поверхностных вод от загрязнения». Эта небольшая книга состоит из четырех глав и заключения. В первой главе «Загрязнение воздуха и поверхностных вод в промышленно развитых капиталистических странах» автор на большом фактическом материале анализирует мероприятия, осуществ-

ляемые для защиты природной среды в США, Швеции, Англии (любопытно, что в Англии первый закон, направленный на охрану качества воды, был принят в 1388 году!). Однако государственным организациям по охране среды нередко приходится выполнять волю частных компаний.

«Мировой океан в опасности» — так называется вторая глава книги. Загрязнение вод бытовыми, промышленными и радиоактивными отходами, нефтяное заражение океана приняли теперь гигантские масштабы. Средиземное море — колыбель нескольких цивилизаций — по отзывам западной прессы постепенно превращается в огромную сточную канаву, а вылавливаемые у скандинавских берегов многие виды рыб непригодны для употребления из-за отравления ртутью.

В третьей главе «Охрана в СССР воздуха и поверхностных вод от загрязнения» автор рассказывает о способах борьбы с заражением природной среды, которые эффективно применяются в нашей стране. Это — и деятельность органов водного надзора, и очистные сооружения, и зеленые насаждения, и создание электромобилей и многие другие мероприятия.

Четвертая глава «Международное сотрудничество в области охраны природы» посвящена программам, выполняемым в рамках СЭВ. Кроме этих работ Советский Союз имеет двусторонние соглашения по вопросам охраны природной среды с США, Великобританией, Францией, Финляндией. Диапазон совместно решаемых проблем очень широкий — от разработки безотходных технологических процессов до сохранения редких видов животных.

ОЧЕРЕДНОЙ ВЫПУСК БН

В двенадцатом выпуске международного ежегодника «Будущее науки» (БН), который издает «Знание», есть статьи, посвященные физике, астрономии и наукам о Земле. Перечислим эти статьи.

«На пути к раскрытию единства сил природы» — так назвали свою статью специалисты в области физики элементарных частиц Л. М. Барков, М. С. Золоторев, И. Б. Хриплович. Со статьей «ИК-лазеры и молекулярная технология» выступили на страницах ежегодника Е. П. Велихов и В. С. Летохов.

Австралийский ученый К. Коул — автор статьи «Солнечно-земная физика и ее будущее». Выдающийся шведский физик и астрофизик Х. Альвек рассказывает о проблемах космогонии в статье «Происхождение

Солнечной системы». Английский астроном Т. Эванс написал статью «Эволюция звезд и оптические методы их наблюдения».

И. Григар (ЧССР) — автор статьи «Галактические источники рентгеновского излучения».

Польский математик В. Турски знакомит читателей с прогрессом в области вычислительной техники («Третий этап развития вычислительной техники»). «Пути биологического преобразования Солнечной энергии» — тема статьи А. А. Красновского. Энергетические проблемы рассматриваются и в статье Н. А. Доллежаль и Ю. И. Корякина «Энергетика: экономика и экология».

Петрограф Р. В. Баратов и геолог И. В. Мушкин — авторы статьи «Трубки взрыва и проблемы геологии». К области геологии и петрографии относится также статья И. А. Турчанинова и Р. В. Медведева «Горные породы в глубинах земной коры».

ВАРИАНТ ИЗЛОЖЕНИЯ СТО

«Теория относительности с циркулем и линейкой» — так называется книга Д.-Э. Либшера (ГДР), которую в переводе с немецкого выпустило издательство «Мир» в 1980 году.

Книга посвящена геометрической интерпретации основных понятий и соотношений специальной теории относительности (СТО). В предисловии редактора перевода отмечается, что книга «относится к разделу не слишком элементарных, хотя, безусловно, популярна». Автор книги предлагает читателю рассматривать ее «как руководство к описанию и оценке ситуаций, в которых частная теория относительности проявляется через конкретные явления». На протяжении всего изложения автор показывает читателю, как с помощью циркуля и линейки можно получить важнейшие выводы СТО. Используя не очень сложные геометрические построения, автор разъясняет относительность одновременности, относительность массы, рассматривает с точки зрения частной теории относительности время, длину, импульс, массу и энергию. Необходимая сводка основ проективной геометрии на плоскости дана в приложении к книге. Многие построения читателю рекомендуется выполнять самостоятельно, что должно, по словам профессора Г.-Ю. Трейдера, написавшего предисловие к книге, помочь читателю «самым элементарным путем войти в мир эйнштейновской мысли».

Книга адресована математикам и физикам. Она может заинтересовать студентов, преподавателей, многочисленных любителей астрономии.



ИЗ ИСТОРИИ
НАУКИ

Кандидат технических наук
В. А. ГУРИКОВ

Первые ахроматические телескопы

Осенью 1609 года Галилео Галилей направил созданную им зрительную трубу на небо и сделал первые телескопические наблюдения, открывшие новую и неожиданную картину мира — лунные кратеры, солнечные пятна, фазы Венеры, четыре спутника Юпитера. Появление и развитие телескопических систем в XVII веке вызвало подлинную революцию как в оптическом, так и в астрономическом приборостроении. Но первые телескопы были крайне несовершенны, они давали нечеткое изображение, окрашенное к тому же радужным ореолом.

Выдающиеся ученые XVII века занимались вопросом повышения качества телескопического изображения. Оно определяется совокупностью aberrаций (ошибок), которыми обладает оптическая система телескопа. К наиболее существенным относятся сферическая и хроматическая aberrации («Земля и Вселенная», 1968, № 5, с. 78—85.—Ред.). Из-за сферической aberrации лучи, падающие на оптическую систему под разными углами, не собираются в одной точке (фокусе). Лучи различных цветов также не собираются оптической системой в одной точке оптической оси, это обусловлено уже хроматической aberrацией. Сферическую aberrацию умели исправлять, комбинируя линзы, еще во времена И. Кеплера и Р. Декарта (первая половина XVII века), с исправлением хроматической aberrации дело обстоит сложнее.

В 1666 году Исаак Ньютон, в то время еще студент, занялся изготовлением асферических линз с целью создания телескопов, обладающих хорошим качеством изображения.

Эта задача представляет определенные трудности даже в наши дни. Асферические линзы Ньютон сделал, но, к сожалению, никаких сведений об их качестве не сохранилось. Вскоре Ньютон прекратил эту трудоемкую работу, убедившись, что четкость изображения, даваемого телескопом, в большой степени зависит от радужного ореола, неизбежно сопутствующего изображению.

В том же 1666 году Ньютон открыл явление дисперсии света. Обнаружив зависимость показателя преломления стекла от цвета световых лучей, Ньютон объяснил и дисперсию света в призме и линзах, а также причину радужного ореола в телескопе — раскрыл физический смысл хроматической aberrации оптических систем.

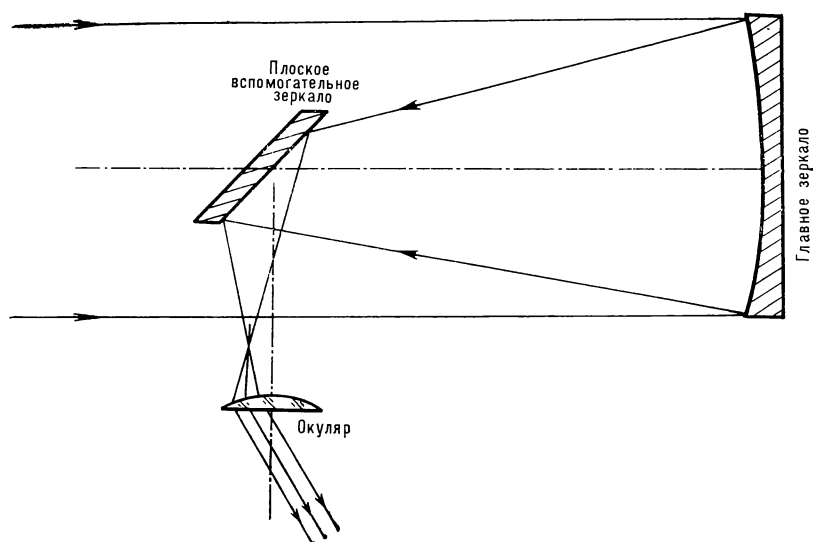
Это открытие определило два основных направления дальнейшей деятельности Ньютона в области технической оптики. Первое — расчет и устранение сферической, а главное, хроматической aberrаций, второе — разработка конструкции ахроматического телескопа. В своих «Лекциях по оптике» (вышли после смерти ученого в 1728 году) Ньютон впервые поставил вопрос о нахождении величины хроматической aberrации и получил формулы для ее вычисления. Он также провел опыты по созданию линзовой ахроматической системы. В его «Оптике» (1704 г.) имеется описание «стеклянно-водяного» объектива, состоящего из стеклянных менисков, пространство между которыми заполнено водой (И. Ньютон. Оптика или трактат об отражениях, преломлениях, изгибаниях и цветах света. М.—Л., Гостехиздат, 1954,

с. 87—89). Однако в интерпретации опытов с этими объективами Ньютон допустил ошибку, полагая, что относительная дисперсия $\frac{n_F - n_C}{n_D - 1}$, которая

определяется отношением разности показателей преломления лучей цвета F и C к показателю преломления для среднего луча цвета D , — универсальная постоянная, одинаковая для всех прозрачных сред. Из этого вытекала невозможность исправления хроматической aberrации в линзовых оптических системах. Считая, что нельзя улучшить линзовые объективы телескопов, Ньютон перешел к расчетам и изготовлению зеркальных телескопов, объективы которых были свободны от хроматической aberrации. Ошибка Ньютона имела тяжелые последствия для развития технической оптики. Непререкаемый авторитет ученого на столетие задержал появление ахроматических линзовых систем.

Леонард Эйлер — академик Петербургской академии наук — в числе первых выступил против утверждения Ньютона о невозможности построения линзовых оптических систем, свободных от хроматической aberrации. В 1747 году он впервые высказал идею создания ахроматического объектива телескопа.

Правда, еще раньше, в 1733 году, конструкцию ахроматического объектива, состоящего из собирательной и рассеивающей линз, которые изготовлялись из разных сортов стекла (крона и флинта), предложил англичанин Честер Холл. Но Холл не опубликовал своих работ, его исследования были известны лишь ограниченному кругу людей и не оказали



существенного влияния на дальнейшее развитие инструментальной оптики.

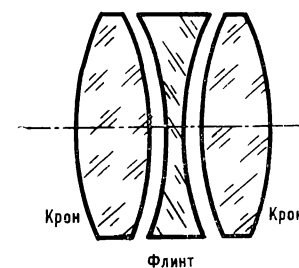
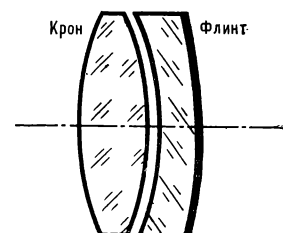
Эйлер осуществил серию опытов с наливными линзами — менисками, наполненными различными жидкостями, и нашел, как можно уменьшить хроматическую абберацию. Подобные опыты в свое время проводил и Ньютон. Но он добавлял в воду свинцовый сахар «для просветления», благодаря чему относительная дисперсия воды настолько приближалась к относительной дисперсии стекла, что эффект ахроматизации не возникал.

Эйлер в 1774 году так излагал историю ахроматических систем: «Наше мнение вскоре же подверглось яростным нападкам со стороны покойного Доллонда, который еще долгое время считал, что доказательство великого Ньютона обосновано настолько прочно, что не может быть ошибочным. Для подкрепления своего мнения он приступил к опытам над преломлением различных прозрачных веществ, в особенности разных сортов стекла. Эти опыты вполне подтвердили мое мнение, и Доллонд при-

нужден был признать свою ошибку. Без сомнения, именно это важное открытие заставило искусного мастера с жаром приняться за усовершенствование обычных линз» (С. И. Вавилов. Собр. соч., т. 3, М., Изд-во АН СССР, 1956, с. 146). В 1758—1761 годах Джон Доллонд вместе с сыном Питером Доллондом изготовил большое число двух- и трехлинзовых ахроматических объективов для телескопов. Линзы в объективах делались из двух сортов стекла — кроны и флинта, обладающих различной относительной дисперсии.

В 60-х годах XVIII века занимался расчетом ахроматических систем и французский математик Жан Д'Аламбер. Он получил общие формулы для вычисления параметров телескопических объективов, которые не имели сферических и хроматических аббераций. Проведенные им расчеты наглядно показывали, как влияют изменения радиусов кривизны линз и относительной дисперсии стекол на величину аббераций объектива (J. D'Alembert. Extrait d'une lettre de M. D'Alembert à M. de Lagrange. Mém. de Berlin, 1769, p. 264).

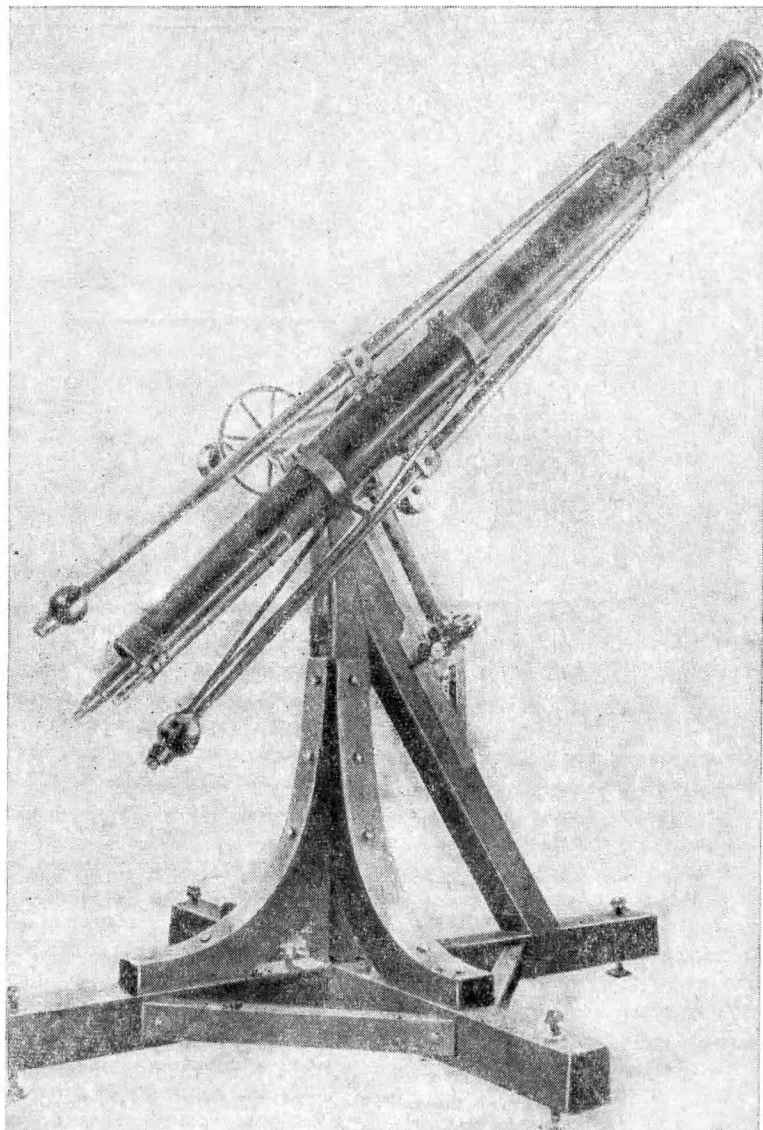
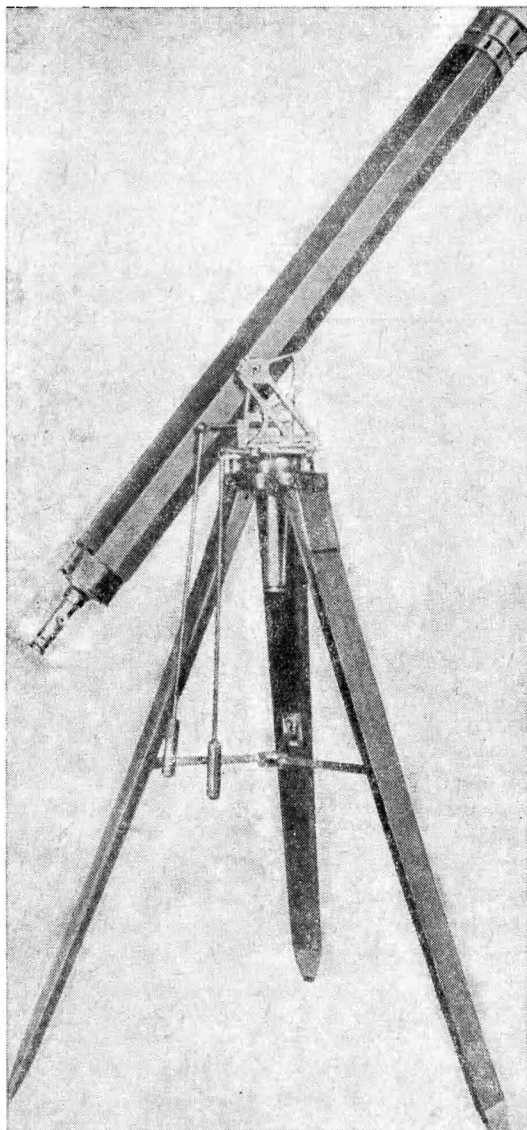
Наряду с теоретическими разработками линзовых ахроматических систем, в середине XVIII века была и другая, не менее важная практическая проблема — изготовление раз-



личных сортов стекол для ахроматических объективов. Монополия Д. Доллонда в производстве оптического стекла породила среди ученых и стекловаров разных стран

Ахроматические объективы телескопов второй половины XVIII века: сверху — двухлинзовый ахромат Л. Эйлера, внизу — трехлинзовый ахромат Д. и П. Доллонда

Зеркальный телескоп И. Ньютона (1671 г.) и ход лучей в нем. Телескоп находится в Музее истории науки в Лондоне



■
Ахроматический телескоп с восьми-
гранной трубой. Телескоп снабжен
механизмом для вертикальной и го-
ризонтальной наводки трубы. Изго-
товлен в России в механических
заведениях Главного штаба в
1822 году. В настоящее время хра-
нится в Музее М. В. Ломоносова
Института истории естествознания
и техники Академии наук СССР в
Ленинграде

стремление самостоятельно получить
оптическое стекло и раскрыть его
химический состав. В России над этим
упорно работали академики М. В. Ло-
моносов и И. Э. Цейгер. Наиболее
успешными оказались исследования
Цейгера, который обнаружил среди
стекол, изготавливавшихся на стеколь-
ных заводах России, два, «а именно,
белое и зеленоватое, которые в рас-
суждении различного свойства рас-
сеяния цветов с английским флинт-
гласом и кронгласом совершенно
сходствовались» (И. Э. Цейгер. Рас-

суждение о стеклах, различно свет
преломляющих... СПб., 1763). Рецеп-
туру приготовления флинта разраба-
тывал и Ломоносов. Проведя много-
численные опыты, он установил, что
«стекло с суриком много больше де-
лает рефракцию, нежели другое».

■
Ахроматический телескоп И. Фраун-
гофера («Большой Фраунгофер»,
1824 г.). Сейчас — экспонат старой
астрономической обсерватории горо-
да Тарту

Именно «стекло с суриком» и рекомендовал Ломоносов для создания эйлеровских ахроматических линз. К сожалению, эти исследования Ломоносова не были в свое время опубликованы и стали известны лишь в наше время.

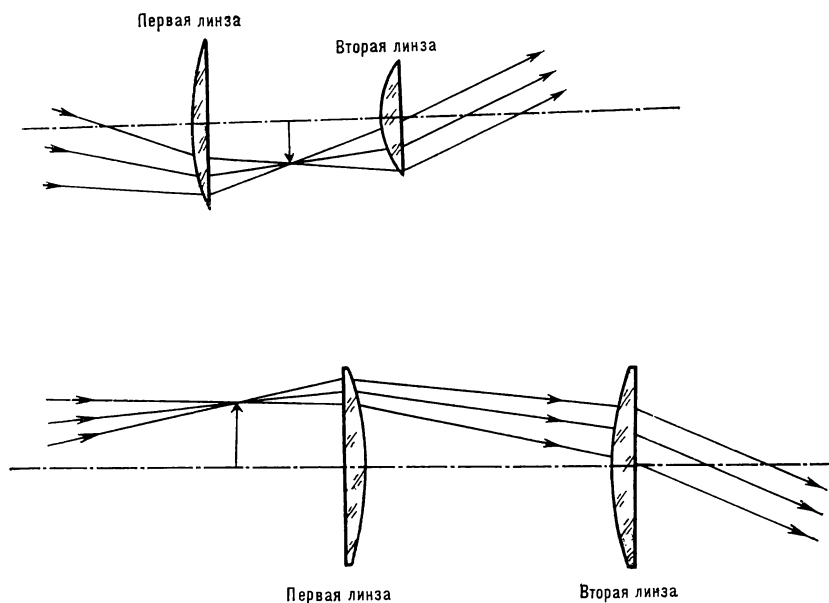
Начиная со второй половины XVIII века ахроматические телескопы-рефракторы перестали быть уникальными инструментами, их изготавливают во многих оптических мастерских. С 1757 года такие телескопы выпускал оптический завод Б. Мартина, и через короткий промежуток времени ахроматический телескоп можно было приобрести во многих других оптических мастерских Англии. Стоимость ахроматических телескопов определялась их длиной, и продавались они, согласно преискуранту 1777 года Джорджа Адамса, по цене 16 шиллингов за фут (1 фут=30,48 см). Длина ахроматических телескопов составляла в то время от 1 до 8 футов, масса их была от 150 до 2000 г, а увеличение в 21—80 раз.

Получили распространение ахроматические телескопы и во Франции. 4 мая 1761 года парижский оптик К. Пассман продемонстрировал королю Людовику XV подзорную ахроматическую трубу длиной 1 м. 30 сентября 1763 года он построил карманную зрительную трубу длиной всего 8 см с ахроматическим объективом диаметром около 4 см. Объектив состоял из трех линз.

В Голландии во второй половине XVIII века ахроматические телескопы производились на оптическом заводе Яна ван Дейла и его сына Германа ван Дейла. Первоначальные сведения об изготовлении ахроматических телескопов в Германии относятся к 1764 году. Эти телескопы по своему качеству не уступали английским.

В России конструированием ахроматических зрительных труб и телескопов занимались во второй половине XVIII века оптическая и инструментальная мастерские Петербургской академии наук. В начале XIX века их производство было налажено в механических заведениях Главного штаба в Петербурге.

Следующий шаг в развитии ахрома-



тического телескопа связан с именем немецкого физика Йозефа Фраунгофера. Сын стекольщика, он в детстве работал учеником в зеркальной и стекольной мастерских, затем поступил на службу в известную в начале XIX века крупную оптическую мастерскую в Бенедиктбейерне (Бавария), позднее стал ее руководителем и совладельцем. С 1823 года Фраунгофер — профессор Мюнхенского университета. Его основные труды относятся к физической оптике. Он ввел принципиальные изменения в технологию изготовления больших ахроматических объективов телескопов, изобрел станок для полировки и шлифовки линз. В 1824 году Фраунгофер построил самый большой по тому времени ахроматический телескоп-рефрактор. Диаметр его объектива 9 дюймов (228 мм), фокусное расстояние 4,5 м, весил инструмент 1,6 т. В 1824 году этот телескоп был установлен в астрономической обсерватории Дерпта (Тарту) и до 1839 года на нем работал известный русский астроном В. Я. Струве.

Окуляры телескопов также подверглись существенному изменению в XVIII веке. На смену двухлинзовому окуляру, предложенному в 1684 году Х. Гюйгенсом, пришел двухлинзовый окуляр системы Й. Рамсдена. Этот окуляр допускал возможность применения окулярного микрометра. Телескоп превращался из чисто наблюдательного инструмента в инструмент измерительный.

Создание ахроматических телескопов-рефракторов привело к значительным успехам и в астрономии и в оптике. Благодаря повышению качества телескопического изображения удалось наблюдать и измерить положения многих слабых звезд, которые до этого не были видны из-за сильных искажений изображения. В технической оптике исправление хроматических aberrаций оптических систем позволило создать в конце XVIII — начале XIX века ахроматический микроскоп, что вызвало новые открытия в биологии, медицине и других естественных науках.

Окуляры телескопов XVIII века:
вверху — двухлинзовый окуляр
Х. Гюйгенса, внизу — окуляр Й. Рамсдена



Б. Г. ПШЕНИЧНЕР
Е. И. БАЛАНОВ

IV Всесоюзный слет юных астрономов и космонавтов

С 4 по 9 октября 1979 года во Всероссийском пионерском лагере «Орленок» на берегу Черного моря проходил IV Всесоюзный слет юных астрономов и космонавтов. Слеты юных астрономов (а теперь совместно с юными космонавтами) проводятся по инициативе Всесоюзного астрономо-геодезического общества при АН СССР (ВАГО) вместе с ЦК ВЛКСМ, Министерством просвещения СССР и Всесоюзным обществом «Знание». Надо сказать, что до сих пор юные астрономы встречались в профессиональных астрономических обсерваториях: I и III слеты — в Шемахинской астрофизической обсерватории АН АзербССР, II — в Государственном астрономическом институте имени П. К. Штернберга и на ВДНХ («Земля и Вселенная», 1970, № 2, с. 82—88; 1971, № 5, с. 74—77; 1977, № 2, с. 82—87. — Ред.). Проходили они в каникулярное время. На этот раз необходимость совмещать программу слета с учебной в общеобразовательной школе (слет ведь проходил осенью) не позволяла выполнять ночные и ограничила вечерние астрономические наблюдения. Тем не менее организаторы приняли решение провести слет в «Орленке». В последние годы здесь вступила в строй астрономическая обсерватория с астрономической башней, где установлен телескоп системы Ньютона с зеркалом диаметром 30 см, есть радиотелескоп с зеркалом диаметром 1,8 м, оборудованы астрофотолaborатории, лаборатория астрофизики, имеются несколько переносных телескопов, бинокляров и другое оборудование. Есть уникальный авиационно-космический комплекс с набором дейст-



вующих летных и космических тренажеров, макетов и моделей космических кораблей и межпланетных станций.

В качестве консультантов в «Орленок» были приглашены руководители лучших в стране коллективов юных астрономов и космонавтов, а также молодые ученые, работающие в астрономических институтах и в Центре подготовки космонавтов имени Ю. А. Гагарина. Учитывая пионерский возраст большинства участников, было решено значительную часть слета провести в форме научно-фантастической игры «Звездный десант».

Всех приехавших на слет делегатов распределили по отрядам: было скомплектовано 7 отрядов юных ас-

трономов и 7 — юных космонавтов. Вожатые рассказали ребятам, что им предстоит принять участие в «Звездном десанте» землян в различные уголки Космоса и помочь человечеству в решении проблем, которые могут возникнуть в начале XXI века. Пополнить свои знания ребята могли в специально оформленном информационном центре «Звездного десанта». Здесь была подобрана библиотечка научно-популярной литературы, представлены таблицы, схемы, карты и фотографии, в определенные часы дежурил консультант. Информационный центр скоро стал напоминать оперативный штаб «Звездного десанта».

Разнообразными оказались цели, выбранные «космическими экипажами»: создание поселения на Луне, полет на Марс, космические монтажки, полет к звезде Барнарда, энергетическая установка на орбите, была ли жизнь на Марсе? изучение Юпитера, строительство научно-исследовательской базы на Каллисто.

Официально игра была объявлена до начала слета — 28 сентября. Во время линейки, посвященной открытию лагерной смены, неожиданно для ребят по радио прозвучали странные сигналы, состоявшие из свиста, щелчков и шума. Сигналы то ослабевали, то усиливались, затем перешли в тревожную «космическую» мелодию, на фоне которой «металлический» голос объявил: «Внимание, внимание!.. В эфире информационный центр «Звездного десанта». Слушайте приказ штаба «десанта»: всем жителям «Звездного» с помощью бионულ-транспортировки перенестись в 2007-й год для участия в первом массовом штурме Космоса; с 28 сен-

■
Эмблема слета



тября по 3 октября всем экипажам начать предстартовую подготовку к «Звездному десанту»; старт «Звездного десанта» осуществить 4 октября 2007 года — в день 50-й годовщины со дня выхода на орбиту первого в мире советского искусственного спутника Земли».

И началась напряженная предстартовая подготовка экипажей. Каждый экипаж до старта должен был разработать свой проект, выполнив при этом необходимые чертежи, рисунки, расчеты, изготовить действующую модель ракеты-носителя, соорудить из подручных средств макет станции, корабля, внеземного поселения... По особому графику проводились тренировки и испытания, которые включали психологические тесты, занятия на малой центрифуге и рен-

ском колесе, кресле Барани и стенде с неустойчивой опорой, «полеты» на тренажерах и проверку быстроты реакции. Не меньшим успехом, чем реальные авиационно-космические тренажеры, пользовался комплекс тренировочных приборов, привезенных на слет воспитанниками кабинета космонавтики из Дворца пионеров и школьников имени Б. Д. Дзnelадзе из Тбилиси. А когда становилось темно, отряды направлялись к обсерватории, где проходила астрономиче-

ская подготовка будущих участников космических рейсов.

4 октября — в годовщину запуска первого искусственного спутника Земли — состоялось торжественное открытие слета. С открытием слета юных астрономов и космонавтов его участников поздравили член ЦК КПСС, депутат Верховного Совета СССР, Герой Социалистического Труда, первый секретарь Краснодарского крайкома КПСС С. Ф. Медунов, дважды Герой Советского Союза, летчик-космонавт СССР Н. Н. Рукавишников, заместитель председателя Центрального совета Всесоюзной пионерской организации имени В. И. Ленина Ю. В. Бураков. Затем Н. Н. Рукавишников (он был руководителем «полетов») вручил всем экипажам полетные задания и объя-

■
Открытие IV Всесоюзного слета юных астрономов и космонавтов. Ребят приветствует первый секретарь Краснодарского крайкома КПСС С. Ф. Медунов



вил 10-часовую готовность к старту.

4 октября состоялась пресс-конференция участников слета с почетными гостями. На вопросы ребят отвечали летчик-космонавт СССР Н. Н. Рукавишников, доктор медицинских наук Л. С. Хачатурьянц, доктор физико-математических наук, лауреат премии Ленинского комсомола А. М. Черепашук, доктор технических наук Б. Н. Родионов, кандидат физико-математических наук В. А. Пацаева. Пока каждый из гостей рассказывал коротко о своей работе в астрономии и космонавтике, записки горой росли на столике. За два с половиной часа оживленной беседы удалось исчерпать лишь десятую часть «горы». Буквально космическую нагрузку выдержали ученые. Больше всего было вопросов о перспективах космических исследований, о будущих профессиях в космонавтике. Н. Н. Рукавишников спрашивали о его впечатлениях от трех космических рейсов, в которых он участвовал.

В 17 часов представители экипажей прибыли за настоящим космическим бортовым пайком. Вручала его В. А. Пацаева. Борщ, харчо, маринованная

баранина, хлеб рижский и бородинский, творожная масса с изюмом, чай с черносмородиновым вареньем... У ребят было много трудностей во время «Звездного десанта», но нам показалось, что одной из самых больших была эта — донести паек своим экипажам в целостности и сохранности, ничего не попробовав по дороге. И, наконец, главное событие дня произошло вечером. Командиры экипажей доложили Н. Н. Рукавишникову о готовности к старту. Старт был дан, и со стадиона в небо взвились ракеты.

5 октября открылась «Выставка творческих работ». Девиз ее: «Юные астрономы и космонавты — Родине». На выставке, развернутой в одном из залов Дворца культуры и спорта, 236 экспонатов (самодельные телескопы, научные приборы, модели ракет, космических кораблей, станций). Их представили 113 коллективов из 69 населенных пунктов страны. Наибольший успех выпал на долю юных астрономов из Клуба юных техников Новосибирского Академгородка («Земля и Вселенная», 1980, № 2, с. 60—66.—Ред.), представивших комплект астрофизических приборов, телескопостроителей Дворца пионеров города Новосибирска, членов астрономического кружка средней школы № 2 города Новополюска из Белорус-

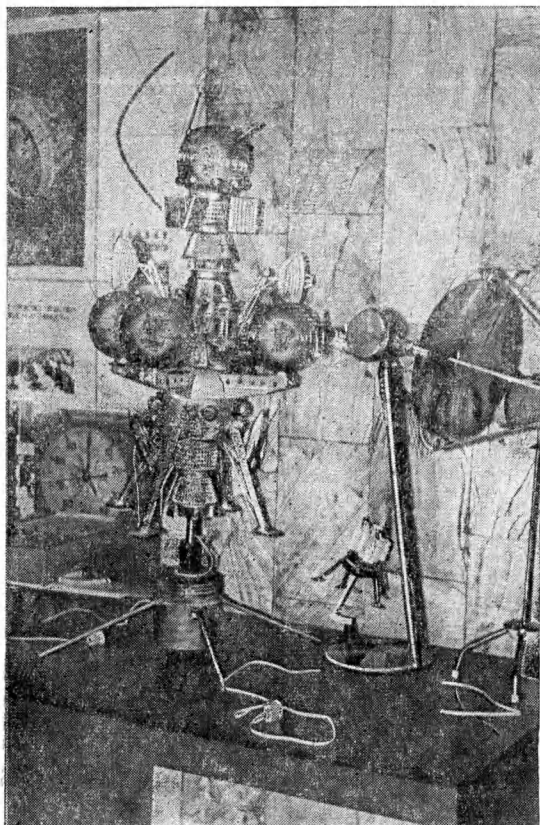
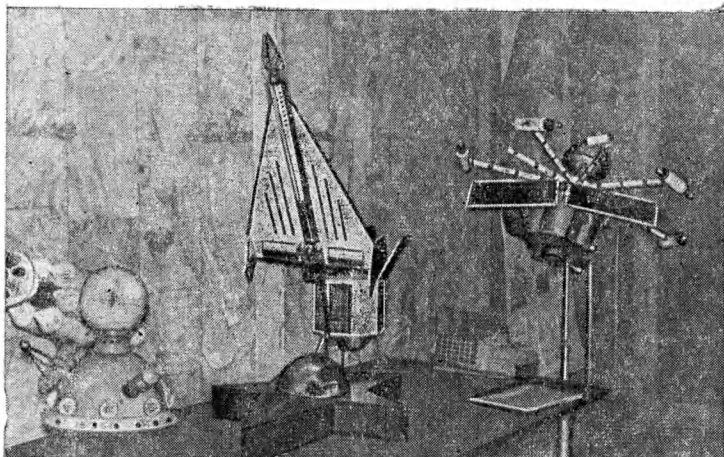
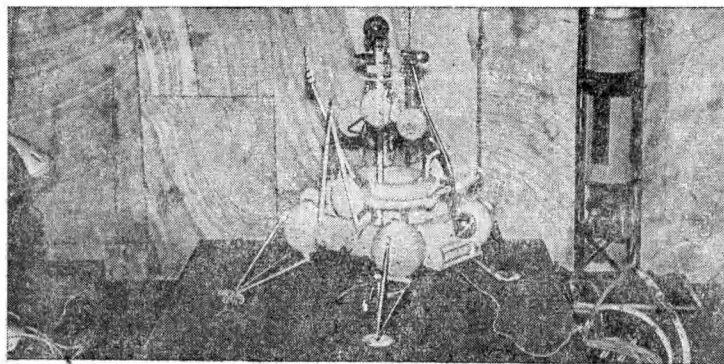
сии, показавших прекрасную коллекцию астрономических фотографий — результат работы школьной службы неба.

Из космических экспонатов наибольшей популярностью у посетителей пользовались действующие модели: «Космический монтажник» (авторы — кружковцы Калужской областной станции юных техников), станция «100 лет СССР» (авторы — воспитанники Клуба юных техников Московского завода «Знамя революции»), межпланетная станция «Юрий Гагарин» (авторы — члены Клуба юных техников из города Новочеркасска). Заслуживают описания все экспонаты, но мы остановимся подробно только на одном из них. Это — орбитальная станция «100 лет СССР» — станция будущего. Задумали ее как завод в космосе, выпускающий корабли для изучения Солнечной системы. Но это не все. Станция имеет пять стыковочных узлов, две энергоустановки (ядерная — для завода и солнечная — для жилого помещения). На станции соседствуют и невесомость и искусственная гравитация (0,8 земной гравитации). Если появится необходимость срочно покинуть станцию, люди собираются в центральном отсеке и он отстреливается.

Вечером 5 октября одновременно в двух разных аудиториях прошли диспуты: «Жизнь во Вселенной» и «Космическое будущее человечества». Вопросы, предложенные для обсуждения на первом диспуте: при каких условиях и в каких формах может возникнуть жизнь в космосе? всегда ли возникающая жизнь станет разумной? обязательно ли разумная жизнь будет повторять путь нашей цивилизации? необходим ли контакт между цивилизациями и в какой форме он может быть осуществлен? Вопросы второго диспута: необходимо ли человечеству расселяться в космосе? каковы пути развития космической техники будущего? каким ты себе представляешь космический образ жизни? каким образом могут проявить себя внеземные цивилизации?

Всем участникам диспутов было предложено руководствоваться следующими правилами: «Пришел — не молчи», «Спорить — не значит ругать».

Н. Н. Рукавишников с делегатами слета



ся», «Даже самые выразительные жесты — не лучшие аргументы для доказательства». Первое правило оказалось просто излишним. Ребята наперебой предлагали осваивать Марс, Луну, астероиды, спорили о том, как люди будут жить в космосе, нужно ли там создавать такие условия, как на Земле, или лучше привыкать жить в невесомости, что выгоднее осваивать — космос или подводные глубины. Два других правила соблюдались достаточно строго. Жюри под председательством доктора медицинских наук Л. С. Хачатурьянца решило, что правильнее всех и убедительнее выступала московская школьница Елена Варакина. Л. С. Хачатурьянец вручил ей книгу «На орбите вне корабля», написанную им в соавторстве с Героями Советского Союза, летчиками-космонавтами СССР Ю. Н. Глазковым и Е. В. Хруновым. Автограф гласил: «За убежденность в своих идеях и смелость в научных дискуссиях». Оба диспута не удалось

закончить в назначенное время. Обмен впечатлениями и соображениями происходил (разумеется, шепотом) даже после отбоя.

6 октября состоялась конференция юных астрономов и космонавтов. После короткого утреннего пленарного заседания, которое открыл председатель конференции профессор Б. Н. Родионов, делегаты продолжили работу в 14 секциях. Из 150 представленных докладов 80 заслушали на своих секциях юные астрономы. Назовем некоторые из докладов, отмеченных первой премией. Алексей Авдijenко из Новосибирска рассказал о результатах наблюдений лунных затмений, доклад Антона Красовского из Москвы был посвящен программе изучения солнечно-земных связей, Елена Фаст из Томска

поделилась многолетним опытом наблюдений серебристых облаков. Большое впечатление произвел доклад Инны Балуцы, продемонстрировавший высокий уровень астрофотографии в коллективе юных астрономов Бакинского Дворца пионеров и школьников имени Ю. А. Гагарина. Как всегда, интересный доклад о результатах метеорных наблюдений представили юные астрономы из Симферополя (его прочитал Сергей Есин). Мы не приводим здесь полных названий докладов. Но для примера сообщим, что Максим Чапцов из Клуба юных астрономов Челябинска назвал свой доклад так: «Наблюдение затменной переменной типа Алголя в туманности Андромеды и составление программы на языке «Фортран» для обработки наблюдений переменных звезд». Эта работа также была отмечена. Больше всего вопросов вызвал доклад Валерия Доронкина, который рассказал о проекте «Экран». Проект привлек к себе внима-

■
Экспонаты выставки



ние исключительной смелостью и научной обоснованностью. Рецензенты — сотрудники Института космических исследований АН СССР — подчеркивают, что обоснование проекта, который два года разрабатывался в Московском городском Дворце пионеров, исключает его из разряда фантастических. Ребята предлагают создать экран, по размерам сравнимый с диаметром земной орбиты. Этот экран под давлением солнечного излучения, подобно парусу, понесет всю Солнечную систему вместе с Солнцем по просторам Галактики.

Несколько докладов признаны луч-

шими по разделу технического творчества юных астрономов и космонавтов. Среди них — «Изготовление заготовок для зеркал телескопов-рефлекторов» Константина Бобринецкого из Новосибирска, «Тренажер памяти» Гиви Марташвили из Тбилиси, «Термолюминесцентный анализ почв района Тунгусской катастрофы» Андрея Оленькова из Новосибирска.

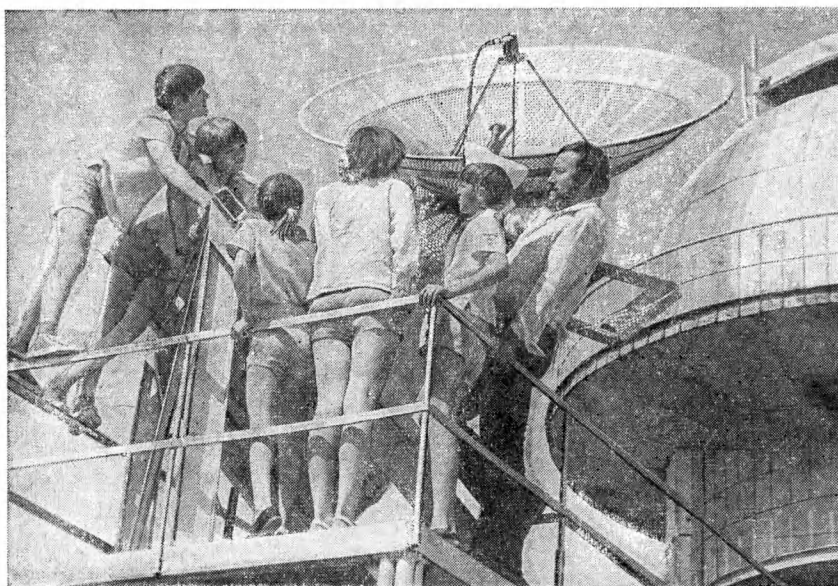
Небольшая часть работ носила реферативный характер. Эти работы обычно посвящались наиболее сложным проблемам астрофизики и космонавтики. Среди рефератов лучшей жюри признало хорошо иллюстрированный доклад москвички Елены Варакиной «Космические исследования земной поверхности» и Андрея Тюрпенко из Фрунзе «Антивещество во Вселенной».

Юные астрономы и космонавты не

только сами изучают любимую науку, но и щедро делятся приобретенными знаниями со своими товарищами, со всеми, кого интересуют проблемы исследования Вселенной. О своем опыте юные пропагандисты знаний рассказали на секциях «Юные лекторы-астрономы», «Пропаганда космонавтики». Большое впечатление на всех произвел рассказ Татьяны Шобогоровой из кружка юных любителей астрономии и космонавтики при школе поселка Могойтуй Читинской области. Члены этого кружка не только пропагандируют знания в самом поселке, но, вооружившись телескопом и проекционным фонарем для показа диапозитивов, отправляются в агитпоходы по окрестным селениям, выступают перед чабанами.

7 октября делегаты слета, как и все советские люди, отмечали вто-

Участники операции «Контакт»



рую годовщину новой Конституции СССР.

8 октября была проведена операция «Контакт» — встреча космических экипажей дружины «Звездная», на базе которой проходил слет, с пионерами других дружин, непосредственного участия в слете не принимавших. На этой «встрече в космосе» земляне (участники слета) рассказали «инопланетянам» о достижениях ученых Земли, о проблемах, стоящих перед ними. Это была отличная пропаганда достижений космонавтики и астрономии среди тех, кто пока этим серьезно не увлекся.

9 октября шел последний репортаж из Центра управления «Звездным десантом». Проводился сеанс связи с приближающимися к Земле экипажами, которые давали предварительный отчет об итогах своего участия в «Звездном десанте». Другими словами, проходила защита фантастических проектов. Ученый совет очень внимательно выслушал сообщения экипажей звездолетов будущего об «обнаружении планет

земного типа вокруг т Кита и жизни на них», о «влиянии электромагнитного излучения и магнитного поля на рост растений в условиях невесомости», о «полете на Плутон», о «создании радиотелескопа в космосе»...

В этот же день на торжественной линейке подводились итоги слета.

За активное и творческое участие в подготовке и проведении слета лучшие коллективы юных астрономов и космонавтов награждены грамотами Центрального совета Всесоюзной пионерской организации имени В. И. Ленина, Всесоюзного общества «Знание», Всесоюзного астрономо-геодезического общества, Дипломом имени летчика-космонавта СССР Ю. А. Гагарина, грамотами Федерации авиационного спорта СССР.

По итогам просмотра творческих работ шесть коллективов рекомендованы для участия в Выставке достижений народного хозяйства СССР, многие ребята награждены ценными подарками.

...В 20 часов завершился «Звездный десант». В честь успешного окончания экспедиции состоялся праздничный карнавал. А когда на «Орленок» опустились сумерки, в небо взлетели разноцветные ракеты праздничного салюта.

Фото В. Коваля и В. Сурдина



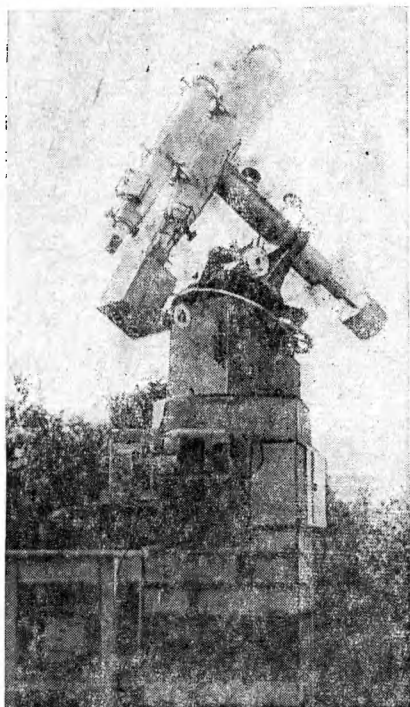
Кандидат технических наук
Р. Х. БЕКЯШЕВ

Самодельный астрограф

Используя имеющиеся в продаже школьные телескопы-рефракторы с объективом диаметром 80 и 60 мм, автор собрал установку для фотографирования звездного неба. Конструкция установки не содержит каких-либо дефицитных деталей, их можно изготовить самому или приспособить детали и узлы от устаревшего оборудования.

Фотографирование производится в фокусе 80-миллиметрового рефрактора без окулярного увеличения. Рефрактор установлен на параллактической монтировке, в которой использовано поворотное устройство от гироскопа. С помощью червячных передач крепежный столик (кольцо) можно поворачивать в двух взаимно перпендикулярных плоскостях. В кольцо крепежного столика вставляется на фланце одна труба, внутрь нее на подшипниках — другая. К одному концу внутренней трубы (ось склонения) крепится телескоп, к другому — противовес. В целом, параллактическая установка имеет три степени свободы, что облегчает наведение телескопа на выбранный участок неба и, кроме того, позволяет проводить более точную корректировку при гидировании. Поворотное устройство укреплено на металлическом основании, которое наклонено к горизонту под углом, равным дополнению широты места до 90° (около 30°). Благодаря этому одна из осей вращения установки (полярная ось)

У радиотелескопа пионерской обсерватории «Орленка»

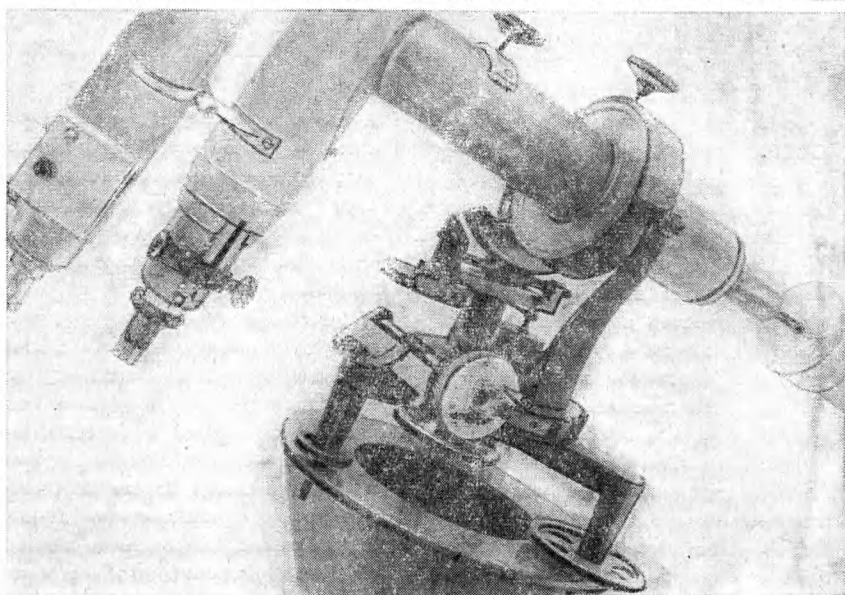


ориентирована на полюс мира. Металлическое основание с параллактической головкой помещается на кирпичную колонну.

При фотографировании поворот телескопа вокруг полярной оси осуществляется коллекторным электродвигателем переменного тока типа УЛ-061 с присоединенным к его валу многоступенчатым редуктором. Изменяя напряжение питания с помощью автотрансформатора и лабораторного проволочного реостата (30 Ом, 5 А), можно подобрать и плавно отрегулировать скорость вращения электродвигателя. Чтобы исключить вибрацию телескопа, двигатель вместе с редуктором укрепляется на кирпичной колонне. Передача вращения от вала редуктора к червячной передаче поворотного устройства осуществляется посредством шпегатной тяги, которая связывает шкивы, насаженные на червячный винт поворотного устройства, и выходной вал редуктора.



Общий вид астрографа



На трубе 80-миллиметрового рефрактора укреплен гид — труба 60-миллиметрового рефрактора. В фокальной плоскости окуляра гида устанавливается в специальной оправе стеклянная пластинка, на поверхность



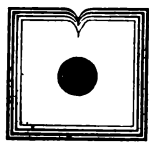
Большая туманность в созвездии Ориона. Снимок сделан на самодельном астрографе. Пленка чувствительностью 250 ед. ГОСТа, экспозиция 10 минут



Поворотное устройство параллактической установки

которой наложены и приклеены с торцов две проволочки диаметром 0,03 мм, образующие перекрестие. Оно освещается изнутри трубы светодиодом типа АЛ310А, причем яркость светодиода может плавно регулироваться.

Фотокамерой астрографа служит аппарат «Смена» без объектива или самодельная деревянная камера, если съемка ведется на фотопластинку. Фокусировка изображения на фотопленке производится по лампам уличного освещения, находящимся на расстоянии порядка 2 км.



КНИГИ
О ЗЕМЛЕ
И НЕБЕ

Академик АН ТаджССР
П. Б. БАБАДЖАНОВ

«Метеориты — осколки астероидов»

Генетической связи метеоритов с астероидами посвящено очень мало работ, поэтому издание книги кандидата физико-математических наук А. Н. Симоненко «Метеориты — осколки астероидов» (М., «Наука», 1979) вполне своевременно.

С конца XVIII столетия, когда началось изучение метеоритов, накоплена огромная информация о составе, возрасте, физико-химических, минералогических и других свойствах метеоритов.

Доставка на Землю образцов лунных пород не снизила, а, наоборот, повысила интерес к изучению метеоритов, кроме того, применение более совершенных методов исследования лунных пород способствовало лучшему познанию природы метеоритов. Дело в том, что лунные породы — продукт магматической дифференциации недр Луны, подобно тому как земные горные породы — продукт магматической дифференциации недр Земли. Метеориты в своей эволюции не проходили стадию дифференциации, их изучение предоставляет пока единственную возможность познания природы протопланетного облака и процессов, происходивших во время формирования протопланетных тел Солнечной системы — планетезималей. Некоторые образцы метеоритов (например, углистые хондриты) содержат первичное вещество — минералы, образовавшиеся в период остывания протосолнечного облака. Но результаты исследований метеоритов долгое время не могли быть сопоставлены с данными о природе их родительских тел — астероидов, так как сама идея о родстве метеоритов и астероидов

высказана сравнительно недавно.

Изучение астероидов, начатое 1 января 1801 года (дата открытия Цереры — крупнейшего астероида поперечником около 1000 км), почти до 70-х годов нашего столетия велось методами классической астрономии. Главное внимание уделялось определению орбит и эфемерид астероидов, использованию этих данных для изучения теории движения астероидов в полях тяготения Солнца и планет. Исследование состава и свойств астероидов астрофизическими методами оказалось возможным лишь в последние годы, что позволило сопоставить полученные сведения о метеоритах и астероидах и искать родственную связь между метеоритами и астероидами.

В первой главе книги А. Н. Симоненко приводятся основные сведения о метеоритах: история их изучения, классификация и характеристика каждого типа, возраст. Здесь же содержатся данные о верхнем и нижнем пределах скорости входа в земную атмосферу метеоритообразующих тел (соответственно, 22 и 11,2 км/с). В конце главы мы узнаем, что космический возраст найденных на Земле метеоритов, то есть продолжительность самостоятельного движения метеоритов в межпланетном пространстве, относительно невелик. Оказывается, что большую часть «жизни» метеориты проводят в недрах своих родительских тел.

Вторая глава посвящена астероидам. В ней рассказывается об истории открытия астероидов, характере их движения в межпланетном пространстве, особенностях изменения ор-

бит астероидов вследствие возмущений больших планет. Читатель узнает о пробелах Кирквуда — областях между 2,2 и 3,3 а. е., где из-за возмущающего действия Юпитера встречается мало астероидов, о семействах и потоках астероидов, движущихся по близким орбитам, и, наконец, о новейших результатах исследования физических свойств астероидов (химический и минералогический состав, структура).

В третьей главе показана общность природы астероидов и метеоритов. Оказывается, прежде чем упасть на поверхность Земли, метеорное тело должно приобрести характерный состав и определенную структуру внутри по крайней мере трех поколений своих родительских тел. В недрах первичного родительского тела формируются химический и минералогический состав и структура метеоритов. Позднее в поверхностном раздробленном слое (реголите) промежуточных тел, образовавшихся при взаимных столкновениях астероидов, будущие метеориты приобретают брекчиевую структуру. Заканчивается формирование метеоритов внутри последних родительских тел, где метеорное вещество остается защищенным от воздействия галактических космических лучей. Последние возможные родительские тела большинства метеоритов, согласно современным данным, — астероиды групп Амура и Аполлона, перигелии орбит которых расположены от Солнца не далее 1,3 а. е. Осколки этих астероидов выпадут на Землю в качестве метеоритов, если скорость их входа в атмосферу будет менее 22 км/с.

В приложениях к книге содержат-

ся сведения о 140 минералах, входящих в состав метеоритов, о физических свойствах 360 астероидов.

Значительная часть обобщенных в книге результатов исследования метеоритов и астероидов получена в последние годы, что делает книгу особенно интересной.

К сожалению, книга не лишена некоторых недостатков. Автор не всегда придерживается принятой терминологии. Пока тело размером менее астероида находится в межпланетном пространстве, оно называется **метеорным телом**, или **метеороидом**, и только выпавшую на поверхность Земли часть метеорного тела называют **метеоритом**. Между тем на многих страницах (10, 12, 14, 18, 87 и др.) автор употребляет выражения: «метеориты, достигающие поверхности Земли», «падающие метеориты» и т. п., что неверно. Ошибочна подпись к рисунку 1: вместо «Метеорит Боведи во время движения в атмосфере Земли...» следовало бы написать «Полет болида 25 апреля 1962 года, сопровождавшийся падением метеорита Боведи».

На с. 69 говорится, что доля открытых троянцев составляет 1—2%, но не ясно, по отношению к чему вычислены эти проценты.

Не объясняется, почему нет троянцев у Сатурна: то ли их вообще не существует, то ли они не видны из-за малых размеров и больших расстояний (с. 70).

Для читателя остается неясным: имеют члены астероидных семейств одинаковые физические свойства или нет?

Не убедительны и аргументы о причинах возникновения люков в распределении перигелиев орбит астероидов групп Аполлона и Амура. Орбиты этих астероидов вытянуты, а афелии их расположены далеко за орбитой Земли. Согласно предложенной автором схеме, вследствие вековых возмущений Земля расчистила бы пространство на расстоянии примерно 1 а. е. В этом пространстве движутся астероиды, орбиты которых образуют люки Венеры и Меркурия.

К числу недостатков книги следует добавить еще один — отсутствие в ряде случаев ссылок на работы советских ученых. Так, например, рассказывая о семействах астероидов и их исследованиях зарубежными учеными, автор забыла сказать о работе Г. Ф. Султанова, который применил созданный им метод неизменных элементов к изучению орбит почти всех известных астероидов.

Несмотря на отмеченные недостатки, книга А. Н. Симоненко «Метеориты — осколки астероидов», безусловно, интересна и полезна не только для астрофизиков, занимающихся исследованием малых тел Солнечной системы, но и для широкого круга любителей астрономии.



Адрес редакции: 103717, ГСП, Москва К-62, Подсосенский пер., д. 21, комн. 2

Телефоны: 227-07-45, 227-02-45

Художественный редактор
Л. Я. Шимкина

Корректоры: В. А. Володина, Т. Н. Морозова

Номер оформили: А. Г. Калашникова, Б. М. Разин, Е. К. Тенчурина

Адрес издательства: 117864, ГСП-7, Москва В-485, Профсоюзная ул., 90

Сдано в набор 27/III — 1980 г. Подписано к печати 02.06.1980. Т-11010. Формат бумаги 84×108¹/₁₆.
Высокая печать. Усл. печ. л. 8,4. Уч.-изд. л. 11,3. Бум. л. 2,5. Тираж 53 000 экз.
Цена 50 коп. Заказ 2957.

2-я типография издательства «Наука» 121099, Москва, Г-99, Шубинский пер., 10

4 ИЮЛЬ АВГУСТ 1980 ЗЕМЛЯ И ВСЕЛЕННАЯ

Орган Секции физико-технических и математических наук, Секции наук о Земле Президиума Академии наук СССР и Всесоюзного астрономо-геодезического общества

Редакционная коллегия:

Главный редактор
Доктор физико-математических наук
Д. Я. МАРТЫНОВ
Зам. главного редактора
член-корреспондент АН СССР
Ю. Д. БУЛАНЖЕ
Зам. главного редактора
кандидат педагогических наук
Е. П. ЛЕВИТАН
Член-корреспондент АН СССР
Г. А. АВСЮК
Доктор географических наук
А. А. АКСЕНОВ
Кандидат физико-математических наук
В. А. БРОНШТЭН
Доктор юридических наук
В. С. ВЕРЕЩЕТИН
Кандидат технических наук
Ю. Н. ГЛАЗКОВ
Доктор технических наук
А. А. ИЗOTOB
Доктор физико-математических наук
И. К. КОВАЛЬ
Член-корреспондент АН СССР
В. Г. КОРТ
Доктор физико-математических наук
Б. Ю. ЛЕВИН
Кандидат физико-математических наук
Г. А. ЛЕЙКИН
Академик
А. А. МИХАЙЛОВ
Доктор физико-математических наук
Г. С. НАРИМАНОВ
Доктор физико-математических наук
И. Д. НОВИКОВ
Доктор физико-математических наук
К. Ф. ОГОРОДНИКОВ
Доктор физико-математических наук
Г. Н. ПЕТРОВА
Доктор географических наук
М. А. ПЕТРОСЯНЦ
Доктор геолого-минералогических наук
Б. А. ПЕТРУШЕВСКИЙ
Доктор физико-математических наук
В. В. РАДЗИЕВСКИЙ
Доктор физико-математических наук
Ю. А. РЯБОВ
Доктор физико-математических наук
Г. М. ТОВМАСЯН
Доктор технических наук
К. П. ФЕОКТИСТОВ

(Продолжение. Начало на 2-й стр. обложки)

16 декабря 1979 года был выведен на околоземную орбиту и 19 декабря состыкован со станцией «Салют-6» космический корабль «Союз-Т». В ходе полета в составе орбитального комплекса проводились испытания и отработка новых бортовых систем, агрегатов и элементов конструкции корабля. Дважды с использованием двигательной установки корабля выполнялась коррекция траектории движения орбитального комплекса. После расстыковки космических аппаратов были проведены заключительные испытания корабля «Союз-Т» в различных режимах автономного полета. 26 марта 1980 года спускаемый аппарат «Союз-Т» совершил управляемый спуск и мягкую посадку в заданном районе территории Советского Союза.

27 марта 1980 года в 21 час 53 минуты московского времени был произведен запуск автоматического грузового транспортного корабля «Прогресс-8». 29 марта «Прогресс-8» состыковали со станцией «Салют-6».

9 апреля 1980 года в 16 часов 38 минут московского времени в соответствии с программой исследования космического пространства в Советском Союзе был осуществлен запуск космического корабля «Союз-35», пилотируемого экипажем в составе командира корабля, подполковника Л. И. Попова и бортинженера, летчика-космонавта СССР В. В. Рюмина.

Командир корабля, подполковник **Леонид Иванович Попов** родился 31 августа 1945 года в городе Александрия Кировоградской области. В 1968 году он окончил Черниговское высшее военное авиационное училище летчиков. Затем служил летчиком-истребителем в Военно-Воздушных Силах. В отряд космонавтов Л. И. Попов зачислен в 1970 году. Он прошел полный курс подготовки к полетам по программе пилотируемого корабля «Союз» и орбитальной станции «Салют». В 1976 году без отрыва от работы в Центре подготовки космонавтов Л. И. Попов окончил Военно-воздушную академию имени Ю. А. Гагарина.

Бортинженер, Герой Советского Союза, летчик-космонавт СССР **Валерий Викторович Рюмин** родился 16 августа 1939 года в Комсомольске-на-Амуре. В 1961 году он поступил в Московский лесотехнический институт. По окончании института работал в конструкторском бюро, принимал участие в создании новых образцов космической техники. В отряд космонавтов Валерий Викторович зачислен в 1973 году. В. В. Рюмин совершил два космических полета. Первый — в октябре 1977 года на корабле «Союз-25» («Земля и Вселенная», 1978, № 1, 2 и 3-я стр. обложки.— Ред.), второй — самый длительный в истории космонавтики — во время работы на станции «Салют-6» и кораблях «Союз-32» и «Союз-34» в 1979 году («Земля и Вселенная», 1979, № 3, 2 и 3-я стр. обложки, № 6, 3-я стр. обложки.— Ред.).

10 апреля в 18 часов 16 минут московского времени была осуществлена стыковка космического корабля «Союз-35» с орбитальным комплексом «Салют-6» —

«Прогресс-8». После проверки герметичности стыковочного узла космонавты открыли внутренние люки и перешли в помещение станции.

11 апреля рабочий день у Л. И. Попова и В. В. Рюмина начался в 10 часов. Космонавты переводили станцию в режим пилотируемого полета, расконсервировали системы жизнеобеспечения, энергопитания, терморегулирования. В тот же день они начали изучать влияние факторов космического полета на развитие биологических объектов, доставленных кораблем «Союз-35», затем открыли люк грузового корабля «Прогресс-8» и приступили к переноске на станцию контейнеров с продуктами питания и емкостей с водой.

12 апреля экипаж комплекса продолжал расконсервацию бортовых систем, оборудования и научной аппаратуры станции. В соответствии с программой биологических экспериментов космонавты включили установки «Оазис», «Вазон» и «Малахит», с помощью которых будет изучаться рост растений в условиях космического полета.

13 апреля Л. И. Попов и В. В. Рюмин работали с бортовой технической документацией, убирали помещения станции.

14 апреля космонавты проводили контроль систем заправки топливом объединенной двигательной установки станции.

15 апреля космонавты параллельно с расконсервацией демонтировали и заменяли отдельные агрегаты и аппаратуру, устанавливали новые аккумуляторы. Демонтированное оборудование размещали в грузовом отсеке корабля «Прогресс-8».

18 апреля Л. И. Попов и В. В. Рюмин завершили расконсервацию бортовых систем станции, полностью разгрузили корабль «Прогресс-8». Космонавты перезарядили кассеты фотоаппаратов МКФ-6М и КАТЭ-140, проверили их работоспособность, контролировали ход биологических экспериментов по изучению развития высших растений в условиях невесомости.

19—20 апреля экипаж проводил визуальные наблюдения, убирал помещения станции, занимался физическими упражнениями.

22 апреля космонавты готовили научную аппаратуру к предстоящим исследованиям и экспериментам, перезарядили кассеты, проверили малогабаритный гамма-телескоп «Елена», заменили автономные источники электропитания отдельных приборов и аппаратуры, вели визуальные наблюдения земной поверхности и акватории Мирового океана. На установке «Кристалл» Л. И. Попов и В. В. Рюмин провели технологический эксперимент по космическому материаловедению. Цель его — получение в условиях невесомости полупроводникового материала — арсенида индия.

(Продолжение следует)

По материалам сообщений ТАСС

ЦЕНА 50 КОП
ИНДЕКС 70336

ИЗДАТЕЛЬСТВО НАУКА



Земля и Вселенная, 1980, № 4